

SKRIPSI

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKUNG KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA ”



Disusun oleh:

JOEL DE JESUS

1121027

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LENGKUNG DENGAN METODE
LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKUNG
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA”**

Telah Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata

Satu (S-1) Teknik Sipil

Pada Hari Selasa, 21 Agustus 2016

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

JOEL DE JESUS

11.21.027

Disahkan Oleh :

Ketua

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Sekretaris

(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Dosen Penguji II

(Ir. Bambang Wedyantadij, MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

**“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LINGKUNG DENGAN METODE
LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKUNG
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA”**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu
(S-1) Program Studi Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang.*

Disusun Oleh :

**JOEL DE JESUS
11.21.027**

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



(Ir. H. Sudirman Hindra., MSc)

Dosen Pembimbing II



(Muh. Erfan, ST, MT)

**Mengetahui.
Ketua**

Program Studi Teknik Sipil S-1




(Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **JOEL DE JESUS**
NIM : **11.21.027**
Program Studi : **TEKNIK SIPIL S-1**
Fakultas : **TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LENGKUNG
DENGAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL
KECEMATAN SEMBAKUNG KABUPATEN NUNUKAN
KALIMANTAN UTARA”**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, September 2016

Yang membuat pernyataan



(**JOEL DE JESUS**)

ABSTRAKSI

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKUNG KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA ”

Nama	: Joel de Jesus
Nim	: 11.21.027
Dosen Pembimbing I	: Ir. H. Sudirman Indra,.MSc
Dosen Pembimbing II	: Muh.Erfan, ST,MT

Kata Kunci : Jembatan, Struktur Bangunan Atas, Jembatan Tipe Pelengkung

Konstruksi Jembatan Rangka Baja tipe pelengkung merupakan salah satu jenis dari beberapa buah jenis Konstruksi Jembatan Baja yang sangat banyak dibangun untuk kepentingan lalu lintas jalan raya. Seperti halnya Jembatan Desa Tagul Kecamatan Sembakung kabupaten Nunukan Kalimantan Utara merupakan salah satu Konstruksi Jembatan Rangka Baja yang ada di Indonesia yang berfungsi untuk kebutuhan arus lalu lintas khususnya masyarakat kota Kalimantan Utara. Secara umum Jembatan Rangka Baja lebih menguntungkan apabila dibandingkan dengan jembatan lainnya, penyebabnya ialah karena batang-batang utama Rangka Baja memikul gaya aksial tekan atau gaya aksial tarik, konstruksi jembatan jauh lebih ringan, bentang jembatan jauh lebih panjang, pelaksanaan di lapangan jauh lebih mudah. Dengan tinggi rangka sedemikian rupa, kekakuan potongan melintang jembatan rangka lebih besar. Bagian-bagian utama rangka batang dibuat dari komponen-komponen yang tidak terlalu besar maka pengangkutannya ke lokasi jembatan menjadi lebih mudah.

Struktur bangunan atas Jembatan Rangka Baja terdiri atas beberapa bagian batang-batang utama pembentuk rangka batang induk, batang-batang melintang, batang-batang memanjang, batang-batang ikatan angin atas, batang-batang ikatan angin bawah, ikatan-ikatan pengaku, sistem lantai kendaraan yang membentuk suatu konstruksi yang kaku sehingga lalu lintas aman melewatinya.

Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk merencanakan Jembatan Rangka Baja Tipe Pelengkung dengan menggunakan profil baja WF dan perhitungan volume bahan yang digunakan. Dalam hal ini perencanaan menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) serta buku *RSNI T-02-2005* untuk peraturan pembebanannya.

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan, berkat melimpahkan Rahmat dan BerkatNya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LENGKUN DENGAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKUNG KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA.”**

Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Ir., H. Sudirman Indra, MSc. selaku Dekan FTSP ITN Malang.
2. Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
3. Ir. H. Sudirman Indra, MSc. selaku Dosen pembimbing I
4. Muh.Erfan ,ST, MT selaku Dosen pembimbing II.
5. Kedua orang tua serta kakak dan adik-adikku yang selalu mendoakan dan memberi dukungan kepadaku.
6. Para teman-teman teknik sipil angkatan 11' yang ikut membantu dalam penyelesaian Skripsi ini dan juga orang-orang yang ada dibalik layar.

Harapan penyusun adalah semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat untuk saya dan rekan-rekan mahasiswa atau mahasiswi jurusan Teknik Sipil pada umumnya. Penulis dengan rendah hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun.

Malang, Agustus 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	ix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup Pembahasan.....	3
 BAB II DASAR TEORI	
2.1 Jembatan Secara Umum.....	5
2.1.1 Macam-macam Jembatan..	5
2.1.2 Tipe-tipe Jembatan..	6
2.1.3 Bagian-bagian Jembatan.....	9
2.2 Bagian-bagian Struktur Jembatan Pelengkung	10
2.2.1 Plat Lantai Kendaraan..	11
2.2.2 Steel Arch (Pelengkung).....	11

2.2.3	Gelagar Induk..	12
2.2.4	Kabel.....	12
2.2.5	Sockets.....	13
2.2.6	Perencanaan Gelagar Memanjang	13
2.2.7	Perencanaan Gelagar Melintang	14
2.2.8	Ikatan Angin	15
2.2.9	Konstruksi Perletakan.....	16
2.3	Pembebanan	19
2.3.1	Beban Primer..	19
2.3.2	Beban Sekunder.....	24
2.4	Teori Desain Struktur Baja Metode LRFD	27
2.5	Dasar Perencanaan Load and Resitance Factor Design (LRFD)	29
2.6	Perencanaan Sambungan	34
2.5.1	Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang Geser..	35
2.5.2	Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser.....	35
2.5.3	Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut.....	36
2.5.4	Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut.....	37
2.5.5	Jarak Minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya..	38
2.5.6	Jarak Ujung Minimum Pada Arah Transmisi Gaya.....	40
2.5.7	Menentukan Tebal Plat Simpul..	40
2.5.8	Perhitungan Cabel.....	41
2.6	Diagram Alir Perencanaan	44

BAB III ANALISA DATA DAN PEMBEBANAN

3.1	Data Perencanaan	45
-----	------------------------	----

3.2	Data Pembebanan.....	46
3.3	Perencanaan Tiang Sandaran Jembatan	49
3.3.1	Pembebanan Pada Tiang Sandaran.....	49
3.3.2	Perhitungan Pada Tiang Sandaran.....	50
3.3.2	Penulangan Tiang Sandaran	51
3.4	Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoir	54
3.4.1	Perhitungan Pembebanan..	54
3.4.2	Perhitungan Statika.....	55
3.4.3	Penulangan Plat Lantai	57
3.4.4	Penulangan Trotoir	64
3.5	Perhitungan Perataan beban.....	67
3.6	Perencanaan Gelagar Memanjang.....	73
3.6.1	Perencanaan Gelagar Memanjang	73
3.6.2	Perhitungan Pembebanan.	73
3.6.3	Perhitungan Statika.....	76
3.6.4	Perencanaan Dimensi Gelagar Memanjang.....	79
3.7	Perencanaan Gelagar Melintang	86
3.7.1	Perhitungan Pembebanan.	86
3.7.2	Perhitungan Statika.....	89
3.7.3	Perencanaan Dimensi Gelagar Melintang.	92
3.8	Perencanaan Gelagar Induk	98
3.8.1	Perhitungan Pembebanan.	98
3.8.2	Statika	106
3.9	Perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk.....	107

3.10 Perencanaan Ikatan Angin	126
3.11 Perencanaan Sambungan	130
3.11.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang.....	130
3.11.2 Sambungan Gelagar melintang dan Gelagar Induk.	135
3.11.3 Sambungan Batang Gelagar Induk WF400x400.....	141
3.11.4 Sambungan Batang Ikatan Angin.....	170
3.12 Perhitungan Dimensi Penampang Kabel	177
3.13 Sambungan Pada Kabel	178
3.13.1 Sambungan Antara Socket Dengan Gelagar Induk.....	178
3.14 Perencanaan Perletakan	183

BAB IV KEBUTUHAN BAHAN

4.1 Profil Baja	190
4.2 Kebutuhan Beton dan Tulangan.....	190

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	192
5.2 Saran	193

DAFTAR PUSTAKA

GAMBAR

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor beban untuk berat sendiri	11
Tabel 2.2	Faktor beban untuk beban mati tambahan	11
Tabel 2.3	Faktor beban lajur “D”	13
Tabel 2.4	Faktor beban truck “T”	14
Tabel 2.5	Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki	15
Tabel 2.6	Faktor beban untuk gaya rem.....	16
Tabel 2.7	Faktor beban untuk beban angin	17
Tabel 2.8	kombinasi beban	17
Tabel 2.9	Tabel Muller Breslaw	36
Tabel 3.1	CROSS Perhitungan Momen Kondisi Pembebanan I.....	46
Tabel 3.2	CROSS Perhitungan Momen Kondisi Pembebanan II	54
Tabel 3.3	Hasil perhitungan momen.....	60
Tabel 3.4	Tabel Muller Breslaw	178
Tabel 4.1	Kebutuhan baut pada sambungan gelagar induk	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Denah Jembatan Karangates	3
Gambar 2.1	Jembatan dinding penuh.....	7
Gambar 2.2	Jembatan rangka sederhana.....	7
Gambar 2.3	Jembatan rangka menerus	8
Gambar 2.4	Jembatan kantilever.....	8
Gambar 2.5	Jembatan lengkung.....	9
Gambar 2.6	Jembatan gantung.....	9
Gambar 2.7	Beban lajur “D”	13
Gambar 2.8	Pembebanan truck “T”	14
Gambar 2.9	Faktor beban dinamis	15
Gambar 2.10	Grafik gaya rem.....	16
Gambar 2.11	Perencanaan jembatan tipe bukaka	19
Gambar 2.12	Penampang lintang batang- batang tarik.....	21
Gambar 2.13	Penampang batang lentur	24
Gambar 2.14	Kegagalan baut tanpa ulir.....	25
Gambar 2.15	Kegagalan baut ada ulir.....	26
Gambar 2.16	Kegagalan tarik baut	27
Gambar 2.17	Kegagalan tumpu baut ada ulir	28
Gambar 2.18	jarak dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan.....	29
Gambar 2.19	Jarak baut dari pusat ke pusat.....	29
Gambar 2.20	Jarak ujung baut	30
Gambar 2.21	Konstruksi peletakan sendi	35

Gambar 2.22	Konstruksi peletakan rol	37
Gambar 3.1	Potongan memanjang jembatan	39
Gambar 3.2	Potongan melintang jembatan.....	40
Gambar 3.3	Kondisi pembebanan I.....	43
Gambar 3.4	Free body diagram kondisi pembebanan I	50
Gambar 3.5	Bidang momen kondisi pembebanan I.....	51
Gambar 3.6	Kondisi pembebanan II	52
Gambar 3.7	Free body kondisi pembebanan II	58
Gambar 3.8	Bidang momen kondisi pembebanan II.....	59
Gambar 3.9	Perataan beban plat lantai dan trotoir.....	68
Gambar 3.10	Sambungan gelagar memanjang dan melintang.....	125
Gambar 3.11	Sambungan gelagar melintang dan gelagar induk	132



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor :

ITN-1310.01/21/B/TA/IGj/ 2015-2016

13 Oktober 2015

Lampiran :

Bimbingan Skripsi

Kepada Yth :

Bpk/Ibu Ir. H.Sudirman Indra,MSc.

Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Joel De Jesus**

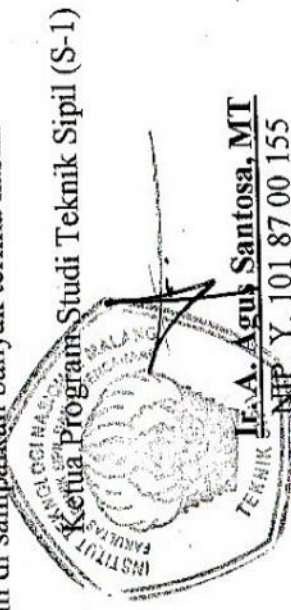
Nim : **1121027**

Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :
"Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Menggunakan Tipe Lengkung dengan Metode LRFD pada Jembatan Desa Tagul Kecamatan Sebakung Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara"

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi. Waktu penyelesaian skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal :
15 Oktober 2015 ^{*/} ₄ **15 April 2016**. Apabila melebihi batas waktu yang telah ditentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya. Proses bimbingan dilakukan minimal 1 (satu) kali dalam 1 (satu) minggu bertempat di Studio Skripsi Program Studi Teknik Sipil

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.



Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan sarana yang sangat penting untuk menghubungkan antara daerah satu dengan daerah yang lain melalui transportasi darat. Di mana pembangunan jalan dan jembatan sebagai lalu lintas kendaraan sangat perlu pembangunannya sebagai alat penyeberangan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman untuk melalui sungai, danau, tebing dan segala penghalang.

Selain untuk kepentingan ekonomi, jembatan sangat penting pula bagi hubungan antar daerah untuk kepentingan pemerintahan, pertukaran kebudayaan dan lain sebagainya. Terputusnya suatu daerah dari pemerintah pusat atau daerah lainnya menghambat kemajuan daerah tersebut.

Jembatan Desa tagul kecamatan sebakung kabupaten nunukan kalimantan merupakan sarana transportasi yang sangat penting untuk kegiatan keseharian masyarakat kota Kalimantan Utara. Menyadari bahwa jembatan Desa Tagul sudah berusia sangat tua dan penggunaannya sudah tidak maksimal lagi maka perlu adanya pembangunan jembatan baru.

Melalui skripsi ini penulis mencoba merencanakan konstruksi jembatan Desa Tagul Kecamatan Sebakung Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara dengan menggunakan struktur jembatan lengkung (lowerdeck). Oleh karena itu dilakukan suatu **“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL**

KECEMATAN SEMBAKUNG KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA”

Adapun latar belakang pemilihan tipe jembatan lengkung (lowerdeck) ini yaitu alternatif lain bagi konstruksi jembatan rangka baja yang sudah ada dan karena jembatan tipe lengkung cocok untuk jembatan dengan bentang panjang dan jembatan pelengkung (lower deck) mempunyai nilai estatika yang menarik dibandingkan dengan jembatan biasa

1.2 Rumusan Masalah

- Berapa dimensi baja WF yang diperlukan untuk memikul beban yang bekerja?
- Berapa dimensi kabel yang diperlukan untuk memikul beban yang bekerja?
- Berapa jumlah baut yang di perlukan untuk sambungan pada struktur?
- Berapa volume kebutuhan bahan pada jembatan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk merencanakan suatu tipe konstruksi jembatan berdasarkan data-data yang didapat dari hasil survey dosen (lebar jembatan, panjang jembatan, kontur tanah dan tinggi muka air sungai minimum dan maksimum) dengan menggunakan jembatan tipe lengkung.

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- Merencanakan jembatang busur lengkung dengan menggunakan rangka baja.
- Menentukan dimensi kabel yang diperlukan untuk memikul beban yang bekerja.
- Menghitung jumlah baut untuk sambungan pada struktur.

- Mencari volume bahan dari konstruksi jembatan busur lengkung dengan rangka baja.

1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Mengingat luasnya pembahasan dalam konstruksi jembatan, maka perlu adanya lingkup pembahasan tanpa mengurangi kejelasan dari penulisan skripsi ini. Mengingat pada dasarnya jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan atas (Upper Structure) dan bangunan bawah (Sub Structure), maka penulis membatasi pembahasan pada struktur bangunan atas yang meliputi :

1. Perencanaan plat lantai kendaraan
2. Perencanaan gelagar memanjang dan melintang
3. Perencanaan gelagar induk
4. Perencanaan kabel
5. Perencanaan sambungan
6. Perencanaan perletakan

Sebagai pedoman dalam perencanaan digunakan peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia dan metode yang digunakan adalah :

1. Perhitungan pembebanan menggunakan peraturan perencanaan jembatan (RSNI T-02-2005), untuk perencanaan konstruksi baja menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD).
2. Perencanaan konstruksi beton untuk plat lantai kendaraan menggunakan SK SNI 03-XXX-2002.
3. Statika gaya-gaya batang menggunakan program STAAD Pro 2004.

BAB II

DASAR TEORI PERENCANAAN

2.1 Jembatan Secara Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai lintasan untuk mempermudah dan memperpendek jarak menyeberangi suatu rintangan tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud disini adalah berupa sungai, jurang, rawa, jalan raya, jalan rel, jalan pejalan kaki dan lain – lain. Jembatan sendiri dibedakan menjadi dua macam jenis bangunan yaitu bangunan bawah (*lower structure*) dan bangunan atas (*super structure*).

2.1.1 Macam-macam Jembatan

Secara garis besar, macam-macam jembatan antara lain :

1. Jembatan Kayu

Pada umumnya jembatan kayu adalah jembatan yang sederhana dan dapat dikerjakan tanpa peralatan canggih. Bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja, beton atau lainnya, bahan kayu merupakan bahan yang potensial dan telah cukup lama dikenal manusia. Kalau dimasa lampau untuk menghubungkan sungai, orang cukup dengan menggunakan bamboo atau kayu gelondongan. Namun pada saat ini telah banyak digunakan bahan baja dan beton untuk bahan jembatan, sehingga penggunaan bahan kayu sudah mulai berkurang dan mulai ditinggalkan.

2. Jembatan Beton

Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dengan kemajuan teknologi beton, sehingga diperoleh bentuk penampang beton yang beragam. Dalam kenyataan sekarang, jembatan beton tidak hanya berupa beton bertulang konvensional, tetapi telah dikembangkan berupa jembatan prategang.

3. Jembatan Baja

Dengan semakin majunya teknologi dan demikian banyak tuntutan kegiatan transportasi, manusia mengembangkan baja sebagai bahan dari struktur jembatan. Jembatan baja ini sangat menguntungkan bila digunakan untuk jembatan dengan bentang panjang.

2.1.2 Type-type Jembatan Baja

Konstruksi yang menggunakan bahan baja konstruksinya lebih ringan dari konstruksi jembatan lainnya dan tersedia berbagai macam ukuran dan bentuk. Sedangkan konstruksi jembatan baja terdiri dari berbagai macam antara lain :

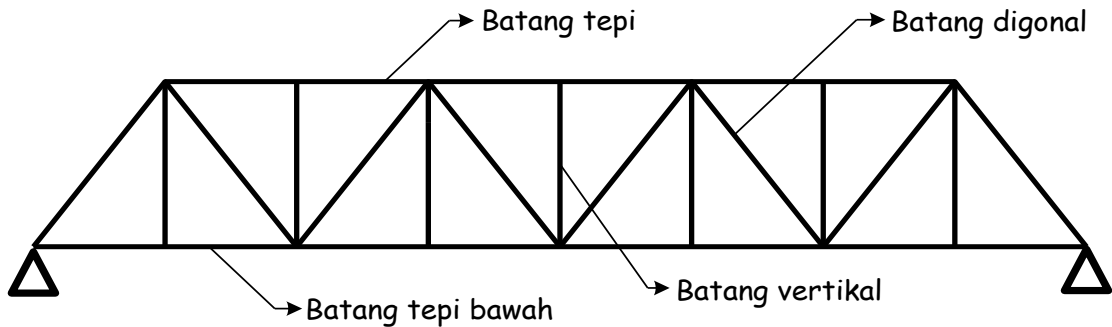
1. Jembatan balok (*The Beam Bridge*)

Jembatan terletak diatas dua tumpuan dan lantai kendaraan langsung berada diatas gelagar memanjang. Pada jembatan jenis ini tidak ada gelagar melintang dan gelagar induk, hanya ada gelagar memanjang. Biasanya digunakan untuk bentang kecil yaitu 50 ft sampai 120 ft.

Ciri utama dari jembatan balok adalah pada beban tegak lurus juga timbul reaksi-reaksi tumpuan tegak lurus.

2. Jembatan rangka sederhana (*Simple Truss Bridge*)

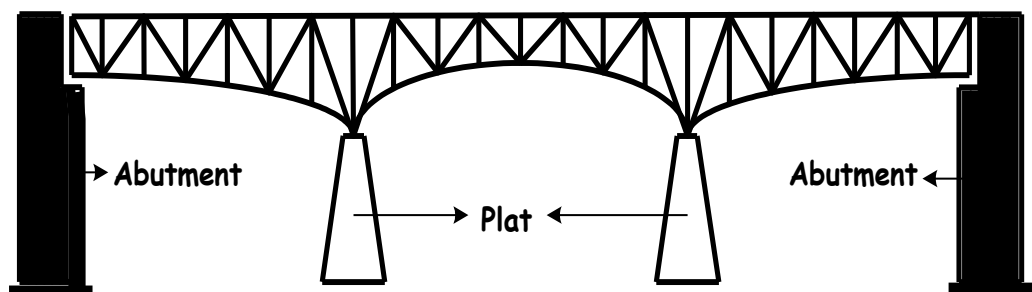
Jembatan ini terdiri dari gelagar induk, gelagar melintang, dan gelagar memanjang biasanya digunakan dalam jembatan menengah yaitu 150 ft sampai dengan 600 ft.



Gambar 2.1. Jembatan rangka sederhana

3. Jembatan rangka menerus (*Continuous Bridge Trusses*)

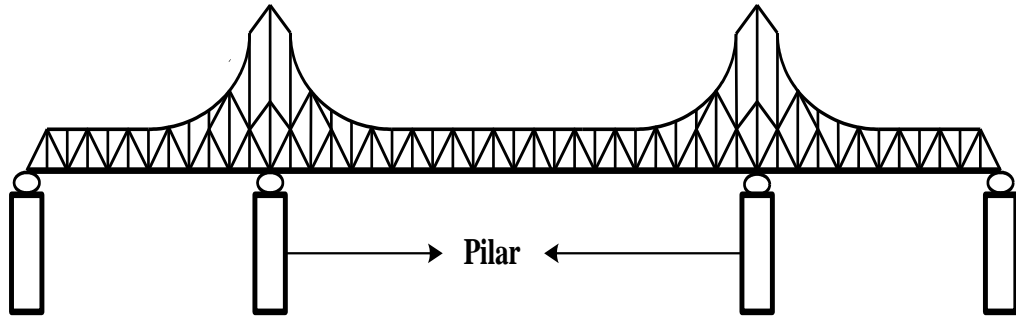
Jembatan ini terdiri dari rangka / truss yang menerus dimana tumpuan berada ditengah bentang yang tidak terpisah, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 150 ft sampai dengan 600 ft.



Gambar 2.2. Jembatan rangka menerus

4. Jembatan kantilever (*Cantilever Bridge*)

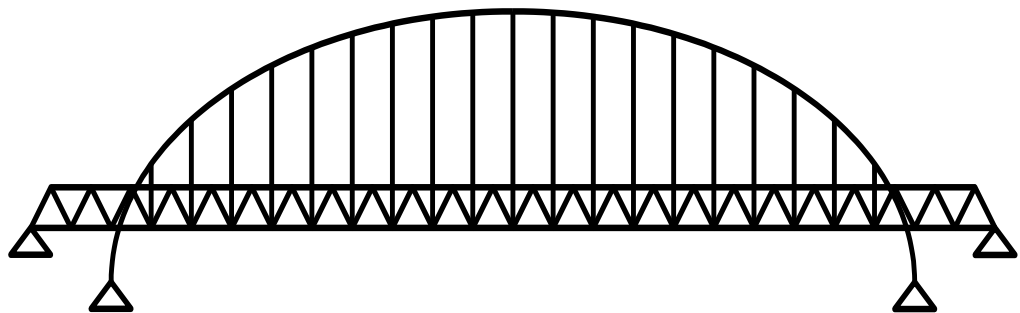
Jembatan ini terdiri dari dua bentang kantilever dengan satu bentang lain diantaranya, dimana bentang tersebut ditumpu pada bentang 250 ft sampai 1800 ft.



Gambar 2.3. Jembatan kantilever

5. Jembatan lengkung (*Steel Arches Bridge*)

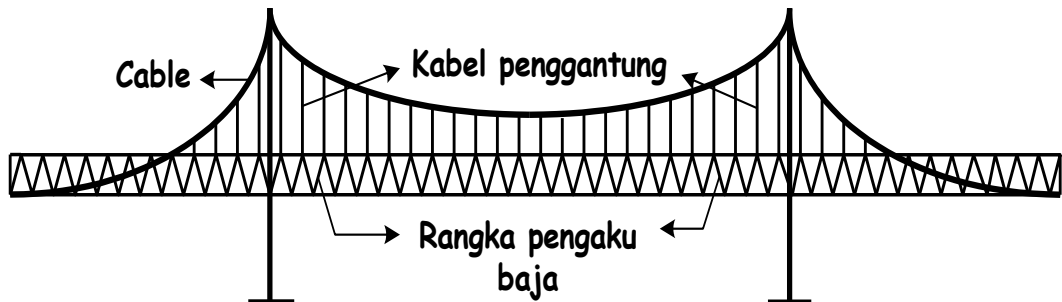
Konstruksi jembatan ini terdiri dari batang penggantung, batang dan gelagar pengaku, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 100 ft sampai dengan 1800 ft. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang searah pada beban tegak lurus.



Gambar 2.4. Jembatan lengkung (arch)

6. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

Konstruksi utama dari jembatan ini terdiri dari kabel yang terbentang diatas menara atau tiang penegar, kabel penggantung / hanger, balok-balok penegar gelagar, angker, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 400 ft sampai 10000 ft.



Gambar 2.5. Jembatan gantung (suspension bridge)

2.1.3 Bagian-bagian Jembatan

Pada dasarnya semua jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu struktur bagian atas atau super struktur dan struktur bagian bawah atau sub struktur. Dalam hal ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah struktur bagian atas. Struktur bagian atas dari jembatan itu sendiri meliputi :

- a. Lantai trotoir dan kendaraan
- b. Gelagar memanjang
- c. Gelagar melintang
- d. Gelagar induk
- e. Pipa sandaran
- f. Plat simpul
- g. Peletakan / sandaran

2.2 Bagian-bagian Struktur Jembatan Pelengkung

2.2.1 Plat lantai kendaraan

Plat lantai kendaraan merupakan komponen jembatan tempat berpijaknya keadaan. Dalam skripsi ini plat lantai kendaraan direncanakan terbuat dari struktur beton.

Perhitungan pembebanan plat lantai kendaraan meliputi :

1. Pembebanan Plat Lantai
2. Pembebanan totoir

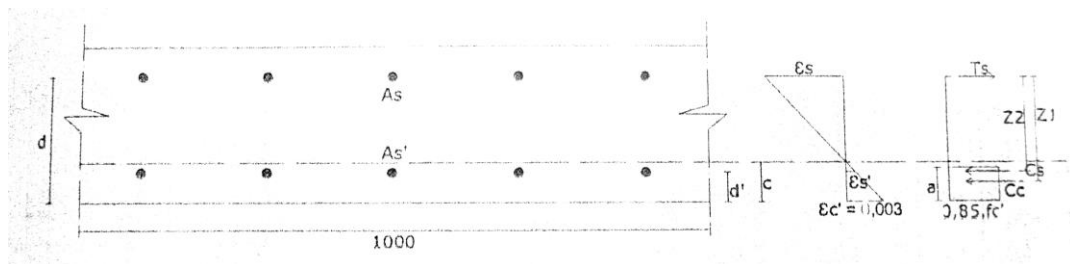
Penulangan plat lantai

Mu didapat dengan menggunakan software STAAD Pro 2004

d = tebal plat lantai – selimut beton – $\frac{1}{2}$ D tulangan

A_s = $(1/4 \times \pi \times D^2 \times b) / \text{jarak yang direncanakan}$

Untuk perhitungan tulangan rangkap



Gambar 2.6. Tulangan Rangkap

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots \dots \dots (2.1)$$

Tegangan tekan pada serat beton:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \dots \dots \dots (2.2)$$

Tegangan tekan pada serat baja:

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c) \dots\dots\dots(2.3)$$

Kekuatan momen yang terjadi:

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Kekuatan momen rencana:

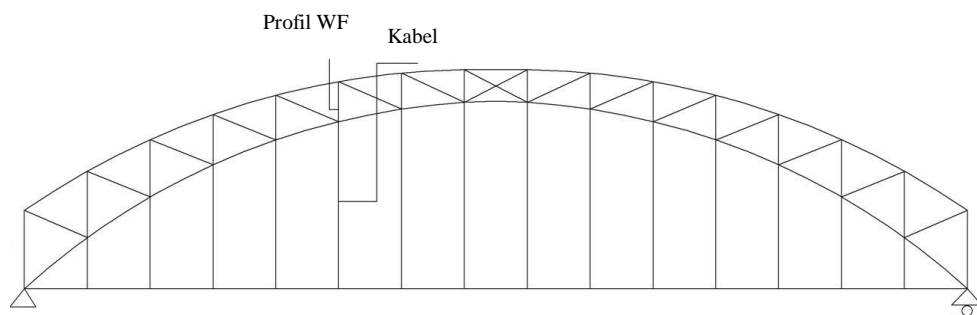
$$M_r = \phi \cdot M_n, \text{ dimana } \phi = 0,8 \dots\dots\dots(2.5)$$

Kekuatan momen rencana ϕM_n harus lebih besar atau sama dengan momen luar rencana (M_u).

$$M_r = \phi M_n > M_u \dots\dots\dots(2.6)$$

2.2.2 Steel Arch (Pelengkung)

Steel Arch merupakan gelagar yang di pasang melengkung diatas dua tumpuan. Untuk memperoleh bentuk yang baik dimana lantai kendaraan berada dibawah busur maka ketinggian busur pertama diambil 1/5 sampai 1/8 dari panjang bentang, dan ketinggian busur kedua terhadap busur pertama diambil sebesar 1/25 sampai 1/45 bentang³⁾



Gambar 2.7. Jembatan Busur Berlantai Kendaraan Rendah

2.2.3 Gelagar Induk

Gelagar induk adalah gelagar yang di pasang di kedua sisi jembatan dan terletak kearah memanjang. Gelagar induk berfungsi untuk menerima semua pengaruh beban jembatan melalui gelagar melintang.

2.2.4 Kabel

Kabel pada konstruksi ini berfungsi sebagai penggantung yaitu menghubungkan gelagar induk dengan gelagar busur, menurut bentuknya kabel dibedakan menjadi :

1. Wire Ropes

Untuk jembatan dengan bentang lebih pendek. Setiap rope (tali) terdiri dari 7 strand, dan setiap strand berisi 7, 19, 37, atau 61 wire (kawat). Setiap rope tidak boleh berisi lebih dari 250 – 300 wire, agar tidak terlalu kaku pada waktu pemasangan. (*Ir. Hannis Burhan, "Suspension Bridge" Hal :*)

2. Parallel Wire Cable

Untuk system ini kira-kira 250 – 300 kawat yang sejajar satu dengan yang lain sehingga merupakan sebuah strand. Sebuah cable dapat terdiri dari 7, 9, 37, atau 61 strand yang disatukan. Kawat yang biasa dipakai adalah diameter 5,0 milimeter untuk bentang yang lebih pendek dapat pula dipakai diameter 4,5 mm atau 4,0 mm.

2.2.5 Sockets

Pada dasarnya ada dua tipe alat penyambung yang memungkinkan digunakan untuk memdahkan sambungan kabel ke struktur utama yaitu:

- a. Closed Strand Socket
- b. Open Strand Sockets

2.2.6 Perencanaan Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang adalah gelagar yang dipasang arah memanjang jembatan, berfungsi sebagai tumpuan lantai kendaraan dan menyalurkan beban-beban yang diterimanya pada gelagar melintang.

Beban- beban yang bekerja pada gelagar memanjang adalah :

- a. Beban mati lantai kendaraan

Untuk beban mati lantai kendaraan diambil pengaruh beban lantai yang membebani gelagar memanjang.

- b. Beban hidup “D”

Dalam perhitungan kekuatan gelagar-gelagar, beban hidup yang harus dipertimbangkan adalah beban “D” atau beban jalur. Beban “D” terdiri dari beban terbagi rata “q” tanpa koefisien kejut dan beban garis :P” yang harus dikalikan dengan koefisien kejut.

Setelah gelagar memanjang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

➤ Lendutan (Buku teknik Sipil, hal 48)

$$f_{ada} = \frac{5.Qu.L^4}{384.E.Ix} + \frac{P.L^3}{48.E.Ix} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

q = beban mati (kg/cm)

L = panjang gelagar (cm)

I_x = momen inersia (cm⁴)

➤ Besarnya lendutan maksimum akibat beban mati dan beban hidup adalah :

$$\bar{f} = \frac{1}{240} \cdot L \dots \dots \dots (2.8)$$

(Laboratorium mekanika struktur, pusat penelitian antar universitas bidang ilmu rekayasa, institute teknologi bandung, 2000 hal 15 dari 184)

2.2.7 Perencanaan Gelagar Melintang

Gelagar melintang adalah konstruksi jembatan yang melintang dibawah lantai kendaraan. Beban yang bekerja gelagar melintang adalah :

a. Beban Mati

Terdiri dari berat lantai kendaraan, trotoar dan berat sendiri gelagar melintang.

b. Beban hidup

Beban yang harus diperhitungkan yaitu beban “D” yang terdiri dari beban terbagi rata “q” tanpa koefisien kejut dan beban garis “P” yang harus dikalikan dengan koefisien kejut.

Setelah gelagar melintang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

- Lendutan (Buku teknik Sipil, hal 48)

$$f_{ada} = \frac{5.Qu.L^4}{384.E.I_x} + \frac{P.L^3}{48.E.I_x} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

q = beban mati (kg/cm)

L = panjang gelagar (cm)

I_x = momen inersia (cm⁴)

- Besarnya lendutan maksimum akibat beban mati dan beban hidup adalah :

$$\bar{f} = \frac{1}{240}.L \dots\dots\dots(2.10)$$

(Laboratorium Mekanika Struktur, Pusat Penelitian Antar Universitas Bidang Ilmu Rekayasa, Institute Teknologi Bandung, 2000 hal 15 dari 184)

2.2.8 Ikatan Angin

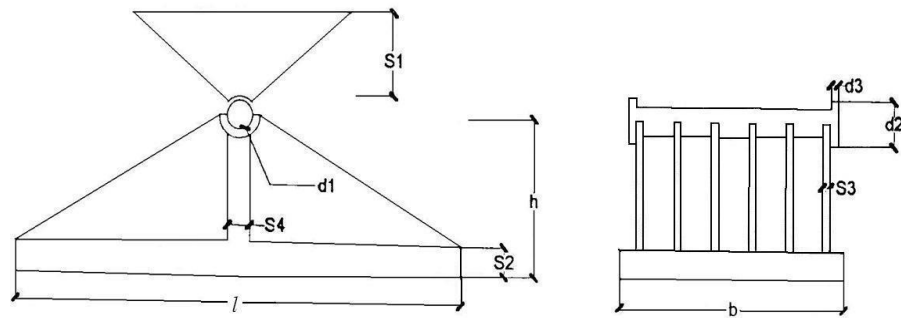
Ikatan angin adalah salah satu sisi komponen jembatan yang fungsi utamanya memberikan kekuatan konstruksi dalam bidang horizontal. Ikatan angin dapat terletak diatas, ditengah atau dibawah. Ikatan angin yang terletak diatas disebut ikatan angin atas, yang terletak ditengah disebut ikatan angin tengah sedangkan yang terletak dibawah disebut ikatan angin bawah.

2.2.9 Konstruksi Perletakan / Landasan dan Tumpuan

Konstruksi perletakan harus mengalihkan gaya- gaya tegak dan mendatar yang bekerja pada jembatan kepada pangkal jembatan dan pondasi. Untuk

mengatasinya kedua macam gaya tersebut dapat dipasang dua macam tumpuan yaitu tumpuan rol atau sendi.

a. Perletakan Sendi



Gambar 2.8. Konstruksi Perletakan Sendi

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L + 40 \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

F_y = Mutu baja st 52 = 240 Mpa = 2400 kg/cm²

- Selanjutnya untuk ukuran S_2 , S_3 , h dan W dapat direcanakan dengan melihat tabel Muller Breslaw, sebagai berikut :

Tabel 2.1 Tabel Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : 249

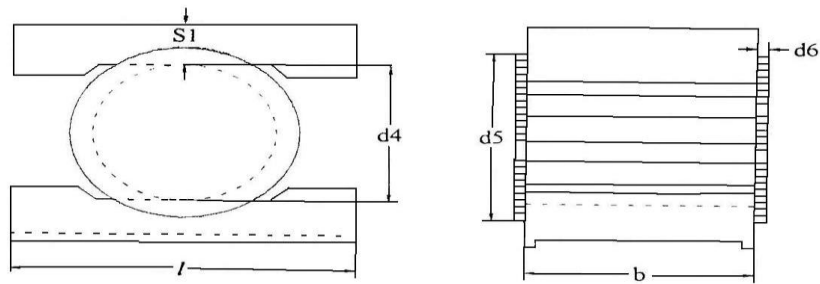
- Jumlah rusuk (a), maka S_2 dan S_3 dapat diambil dengan table diatas, dimana W adalah momen tahanan, perbandingan h/ S_2 hendaknya dipilih antara 3 dan 5, tebal S_4 biasanya diambil $= h/6$, dan $S_5 = h/4$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot P_u \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\phi \cdot f_y} \dots\dots\dots(2.13)$$

- Jari- Jari garis tengah sendi

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \cdot d_1 \\ &= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot \ell} \dots\dots\dots(2.14) \end{aligned}$$

b. Perletakan Rol



Gambar 2.9. Konstruksi Perletakan Rol

Untuk menghitung perletakan rol digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L + 40 \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

F_y = Mutu baja st 52 = 240 Mpa = 2400 kg/cm²

Selanjutnya untuk ukuran d_3 , d_4 , dan d_5 dapat direncanakan dengan menghitung :

- Jari- Jari garis tengah rol

$$r = \frac{1}{2} \cdot d_4$$

$$= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot \ell} \dots\dots\dots(2.17)$$

- Diameter rol

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{\ell \cdot \phi \cdot \sigma_y} \rightarrow \sigma_y = \text{tegangan tarik putus baja}$$

$$= 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Baja A529)}$$

- Tinggi total rol

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6 \dots\dots\dots(2.18)$$

- Tebal bibir rol

$$d_6 = \text{diambil sebesar 2,5 cm}$$

2.3 Pembebanan

Peraturan khusus untuk pembebanan jembatan di setiap negara kemungkinan akan berbeda antara negara yang satu dengan negara lainnya seperti JIS di Jepang , AASHTO di Amerika Serikat, BI di Inggris. Di Indonesia peraturan tentang pembebanan jembatan jalan raya telah dikemas dalam Bridge Managemen System (BMS) bagian II.

Pada perencanaan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada konstruksi dihitung berdasarkan : “(RSNI T-02-2005),..”

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah :

2.3.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban utama dalam perhitungan tegangan perencanaan jembatan . Beban primer terdiri dari :

a. Beban berat sendiri

Adapun beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk unsur tambahan dalam perencanaan.

Tabel 2.2. Faktor Beban untuk berat sendiri

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban	
	Bahan	$K^{U_{MS}}$
Tetap	Baja, Alumunium	1.1
	Beton Pracetak	1.2
	Beton dicor ditempat	1.3
	Kayu	1.4

Sumber : Pembebanan Untuk Jemabtan; RSNI T-02-2005; hal :10

b. Beban mati

Beban mati tambahan adalah berat seluruh badan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

Tabel 2.3. Faktor beban untuk beban mati tambahan

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban	
	Keadaan	$K^{U_{MA}}$
Tetap	Keadaan Umum	2
	Keadaan Khusus	1.4

Sumber : Pembebanan Untuk Jemabtan; RSNI T-02-2005; hal :12

Rumus-rumus yang akan digunakan untuk menhitung beban-beban tersebut adalah sebagai berikut : (Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167)

- Gelagar induk

$$G1 = 20+3L \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.19)$$

Diubah menjadi satuan kg menjadi

$$G1 = (20+3L).L.a \text{ (kg)} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

G = berat gelagar induk

L = panjang jembatan

a = lebar jembatan

- Berat sendiri gelagar melintang

$$G2 = n \times L \times g \dots\dots\dots(2.21)$$

Berat sandaran $G = 80 \text{ Kg/m}$ (Struyk dan Van Deer Veen,
Jembatan, 1990 : 167)

$$G3 = (10.a) \text{ (kg)} \dots\dots\dots(2.22)$$

- Berat ikatan angin (Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167)

$$G4 = (10.a) \text{ (kg)}$$

Dalam satuan menjadi

$$G4 = (10.a).L.a \text{ (kg)} \dots\dots\dots(2.23)$$

- Berat lantai kendaraan

$$G5 = 2500 \times L \times a \times t \dots\dots\dots(2.24)$$

- Berat trotoar

$$G6 = 2500 \times L \times a \times t \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

G = berat beban dalam kg

n = jumlah gelagar

g = berat profil

L = panjang bentang

a = lebar jembatan

t = tebal plat

c. Beban lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L sebagai berikut

$$L < 30 \text{ m} ; q = 9,0 \text{ kPa}$$

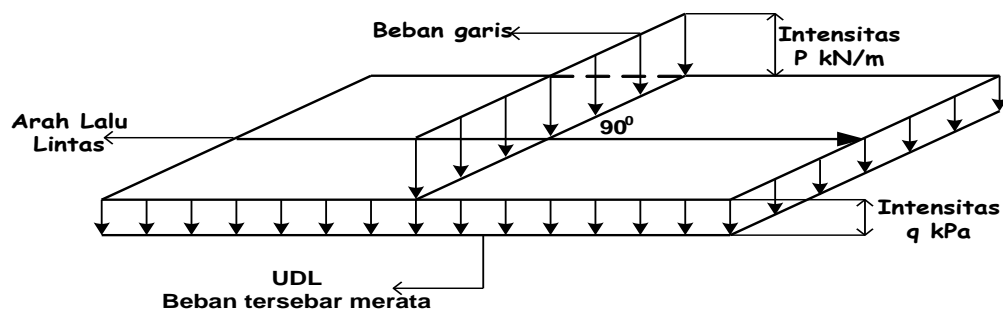
$$L > 30 \text{ m} ; q = 9,0 [0,5 + 15 / L] \text{ kPa} \dots\dots\dots(2.26)$$

Beban garis (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas $P = 49,0$ kN/m. Beban “D” harus ditempatkan pada dua jalur lalu lintas rencana yang berdekatan untuk lebar lebih besar Dari 5,5 m dan bekerja dengan intensitas 100% selebar 5,5 m dan sisa jalan bekerja 50 %.

Tabel 2.4. Faktor Beban lajur “D”

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1,8

Sumber : Pembebanan Untuk Jemabatan; RSNI T-02-2005; hal :17



Gambar 2.10. Beban Lajur “D”

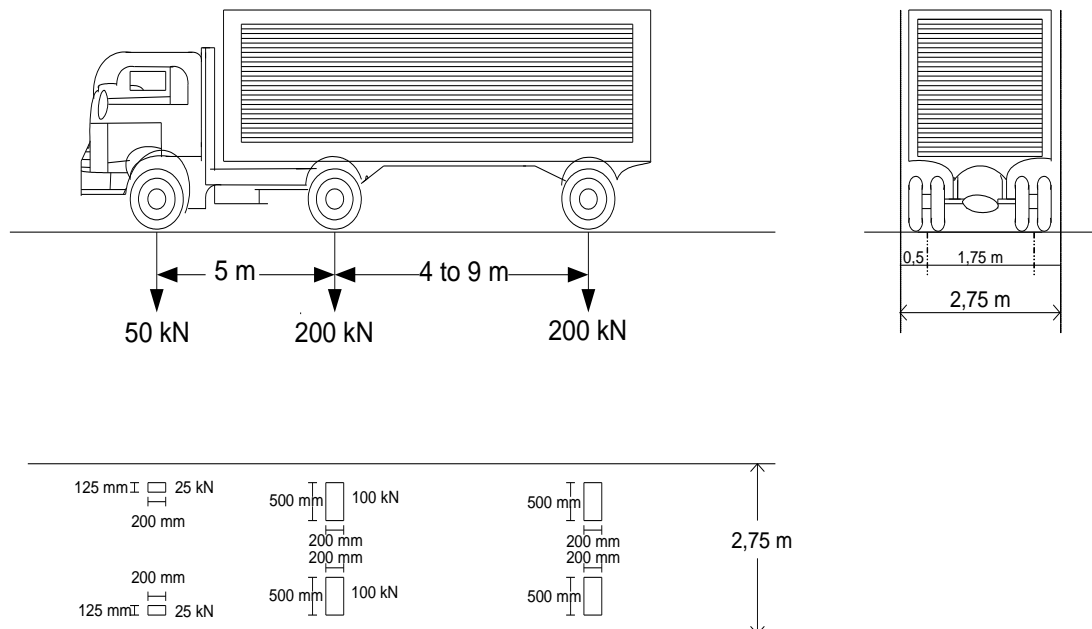
d. Beban truk “T”

Beban truk “T” adalah suatu beban kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Ukuran-ukuran serta kedudukan seperti pada gambar diatas. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 2.5. Faktor beban untuk beban truk “T”

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1,8

Sumber : Pembebanan Untuk Jembatan; RSNI T-02-2005; hal :22



Gambar 2.11. Pembebanan Truk “T”

Dimana : $a_1 = a_2 = 30 \text{ cm}$

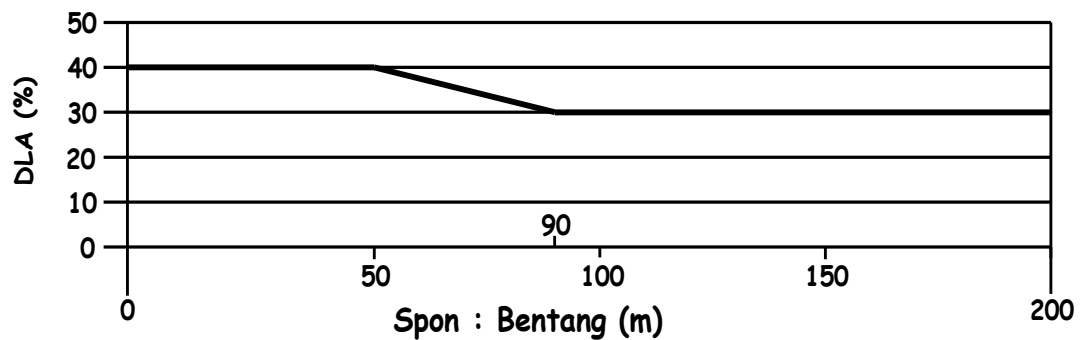
$b_1 = 12,5 \text{ cm}$

$b_2 = 50,00 \text{ cm}$

$m_s = \text{muatan rencana sumbu} = 20 \text{ ton}$

e. Faktor beban dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan iteraksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Untuk truk “T” nilai FBD adalah 0.3. Untuk “KEL” nilai DLA diberikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.12. Faktor beban dinamis

f. Beban trotoar

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk memikul $5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$.

Tabel 2.6. Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1,8

Sumber : Pembebanan Untuk Jembatan; RSNI T-02-2005; hal :27

2.3.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

Yang termasuk dalam beban sekunder beban diantaranya adalah :

a. Gaya rem

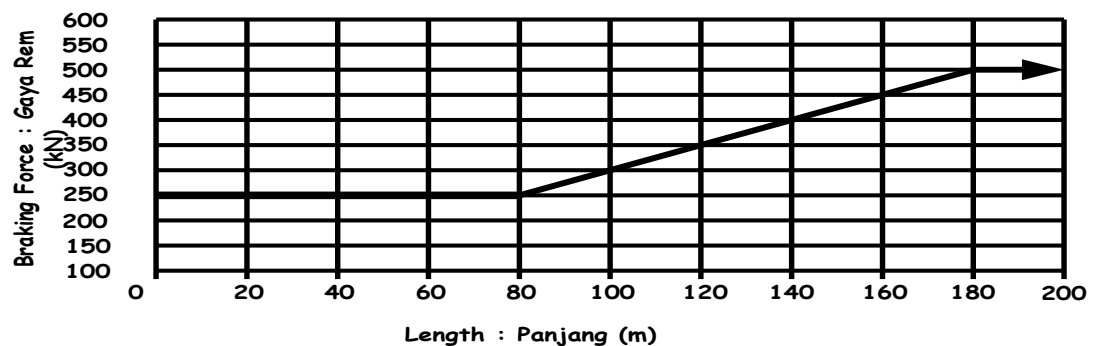
Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

Tabel 2.7. Faktor Beban untuk gaya rem

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1,8

Sumber : Pembebanan Untuk Jembatan; RSNI T-02-2005; hal :25

Tanpa melihat seberapa besarnya lebar jembatan, gaya memanjang yang bekerja diperhitungkan berdasarkan grafik sebagai berikut :



Gambar 2.13. Grafik Gaya rem

b. Gaya Angin

Gaya nominal ultimate dari gaya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut :

$$Tew_2 = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \text{ [kN]} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau .

C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1,2$)

A_b = Luasan koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus :

$$Tew_1 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \text{ [kN]} \dots \dots \dots (2.28)$$

Tabel 2.8. Faktor beban untuk beban angin

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1.2

Sumber : *Pembebanan Untuk Jembatan; RSNI T-02-2005; hal :36*

c. Kombinasi beban

Kombinasi beban pada keadaan batas ultimate terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu pengaruh aksi sementara. Sebagai ringkasan dari kombinasi beban yang lazim diberikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.9. Kombinasi beban

Aksi	Kombinasi beban						Catatan
	1	2	3	4	5	6	
Aksi Tetap	X	X	X	X	X	X	1
Berat sendiri							
Aksi Transient	X	0	0	0	0		
Beban Lajur "D"							
Beban Truk "T"							
Gaya Rem	X	0	0	0			2
Beban Trotoar		X					
Beban Angin	0		0	X		0	

Sumber : *Pembebanan Untuk Jemabatan; RSNI T-02-2005; hal :51*

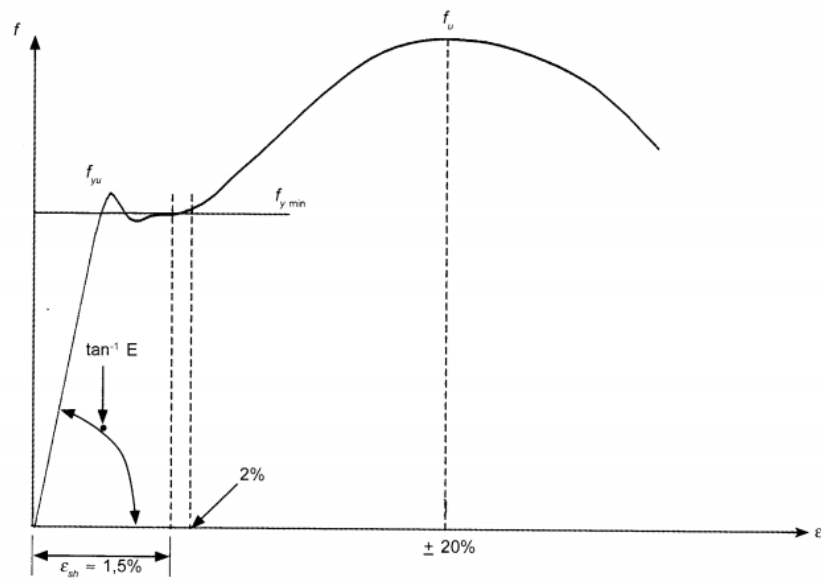
Keterangan :

1. Dalam keadaan batas ultimate pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda “X” untuk kombinasi tertentu adalah memasukan faktor harga beban ultimate penuh. Nomor dengan tanda “0” memasukkan harga yang sudah diturunkan besarnya sama dengan beban daya layan.
2. Beberapa aksi tetap berubah menurut waktu secara perlahan-lahan. Kombinasi beban untuk aksi demikian dan minimum untuk menemukan keadaan yang paling berbahaya.

Tingkat keadaan batas dari gaya sentrifugal dan gaya rem tidak terjadi secara bersamaan. Untuk faktor beban ultimate berkurang untuk beban lalu lintas vertikal kombinasi dengan gaya rem.

2.4 Teori Desain Srtuktur Baja Metode LRFD

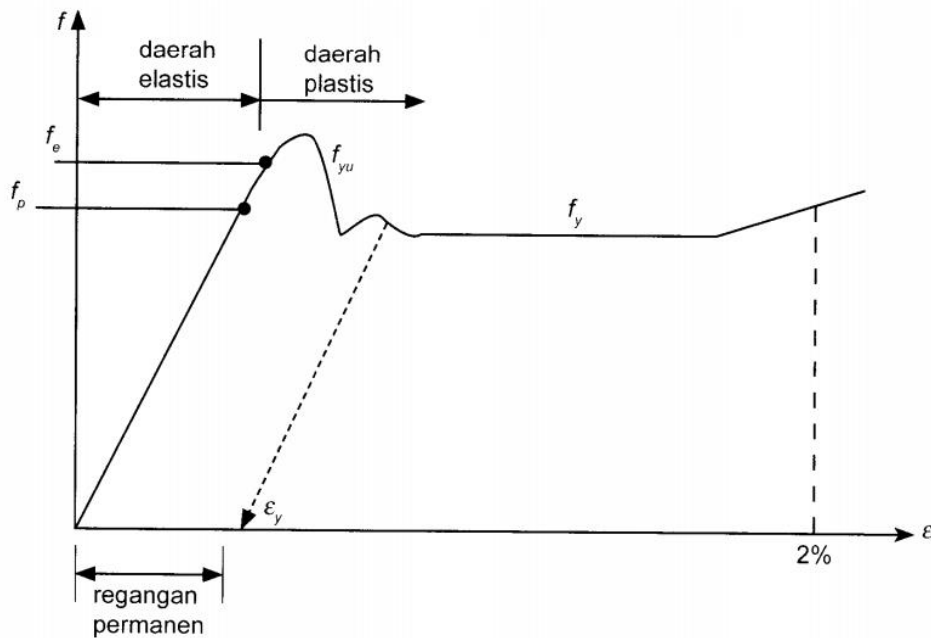
Sifat mekanis baja merupakan yang sangat penting dalam desain konstruksi. Sifat ini di peroleh dari uji tarik baja, uji melibatkan pembebanan tarik sampel baja dan bersama ini dilakukan pembebanan dan panjangnya sehingga diperoleh tegangan dan regangannya.



Gambar 2.14. Diagram Regangan Tegangan I

Hasil uji ini di tunjukan dalam diagram regangan dan tegangan. Titik f_{yu} (*Titik Limit Perporisional*) pada diagram hubungan linear antara tegangan dan regangan, apabila dilakukan pembebanan tidak melewati titik ini baja masih bersifat elastis artinya apabila beban dihilangkan maka baja masih dapat kembali keadaan semula, tetapi apa bila dibebankan terus sampai melampaui titik tersebut maka baja tidak bersifat elastis lagi melainkan bersifat plastis sehingga baja tidak dapat kembali ke keadaan sebelum pembebanan.

Ada dua filosofi yang digunakan dalam perencanaan struktur baja yaitu perencanaan berdasarkan tegangan kerja/ *Allowabel Stress Design* (ASD) dan perencanaan konstruksi batas/ *Load And Resistance Factor Design* (LRFD)



Gambar 2.15. Diagram Regangan Tegangan II

Berdasarkan grafik tersebut maka ada beberapa hal yang mendasari penulis menerapkan metode LRFD dalam penyelesaian skripsi yaitu :

1. Rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi structural. LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama.
2. LRFD akan memudahkan pemasukan informasi baru mengenai beban-beban dan variasi-variasi bila informasi tersebut telah diperoleh. Pengetahuan kita mengenai beban-beban beserta variasi mereka masih jauh dari mencukupi. Bila dikehendaki, pemisahan pembebanan dari resistensyaa akan memungkinkan pengubahan yang satu tanpa perlu mempengaruhi yang lainnya.

3. Perubahan-perubahan dalam berbagai factor kelebihan beban dan factor resistensi lebih muda dilakukan ketimbang mengubah tegangan ijin dari ASD.
4. LRFD membuat desain dalam segala macam material lebih muda dipertautkan. Variabilitas beban-beban sebenarnya tidak berkaitan dengan material yang digunakan dalam desain.

2.5 Dasar Perencanaan Load Resistance Design LRFD

Suatu desain struktur harus menyediakan cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menanggung beban layanan yakni struktur harus memiliki kemampuan terhadap kemungkinan kelebihan beban (*overload*). Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi struktur dan dapat juga terjadi akibat terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban yang mungkin akan terjadi. Di samping itu, harus ada kemampuan terhadap kemungkinan kekuatan material yang lebih rendah (*under strength*).

Terjadinya penyimpangan dalam dimensi batang, meskipun dapat mengakibatkan suatu batang memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding dengan yang telah diperhitungkan. Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut (Struktur Baja Desain dan Perilaku, CG salmon, JE Johnson, Jilid I, hal. 28) :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

ϕ = faktor resistensi (factor reduksi kekuatan)

R_n = kekuatan nominal (kekuatan)

Dimana ruas kiri dari persamaan tersebut mewakili resistensi, atau kekuatan dari komponen atau sistem, sedangkan sisi kanan mewakili beban yang diharapkan akan ditanggung. Pada sisi kekuatan, harga nominal resistensi R_n dikalikan dengan faktor resistensi (*reduksi kekuatan*) ϕ untuk mendapatkan kekuatan design. Pada sisi beban dari persamaan diatas, berbagai faktor-faktor kelebihan beban γ ; untuk mendapatkan jumlah $\sum \gamma Q$; dari beban-beban terfaktor.

Karena struktur jembatan ini secara umum terdiri dari gaya aksial untuk rangka dan gaya lentur untuk gelagar- gelagar lantai kendaraan, maka dapat diuraikan sebagai berikut :

Desain Batang

2.5.1 Pembatasan Kelangsingan Komponen Struktur Tarik

Tidak ada batasan kelangsingan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik. Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangssingan L/r lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada batang atau gantungan dalam gaya tarik. (*SNI 1729-2015 Pasal D*).

2.5.2 Desain Kekuatan Tarik

Perencanaan batang tarik pada hakekatnya menentukan luas penampang lintang yang cukup untuk menahan beban yang diberikan. batang tarik tanpa lubang akan mencapai kekuatan maksimum apabila semua serat penampang lintang batang meleleh, dengan kata lain distribusi tegangan tarik sudah merata pada penampang.

Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal B4.3*) desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan

spesifikasi bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK.

$$Ru \leq \phi Rn \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

Ru = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

Rn = Kekuatan nominal, di syatkan dalam bab B sampai Bab K

ϕ = Factor ketahanan, di syatkan dalam bab B sampai Bab K

ϕRn = Kekuatan desain

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal D2) Kekuatan tarik desain, $\Phi_t P_n$, dan Kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_t , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

(a.) Menghitung tegangan leleh tarik pada penampang Bruto

$$Pn = Fy \times Ag \dots\dots\dots (2.31)$$

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

(b.) Untuk keruntuhan Tarik (Putus) pada penampang Netto

$$Pn = Fu \times Ae \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\Phi_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 2.00 \text{ (DKI)}$$

Dimana :

Ae = Luas Neto Efektif, in² (mm²)

Ag = Luas Bruto dari komponen Struktur, in² (mm²)

f_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

f_u = Kekuatan Tarik Minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

Pn = Tegangan nominal aksial, ksi (MPa)

Luas Neto Efektif

Luas bruto A_g , dan luas Neto, A_n , dari komponen struktur tarik harus di tentukan sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 Pasal B4.3. dimana luas netto A_n , untuk PSB terslot yang di las pada plat buhul, luas netto A_n , adalah luas bruto di kurangi hasil ketebalan dan lebar total material yang dihilangkan untuk membentuk slot tersebut, namun untuk komponen struktur tanpa lubang, luas netto tersebut, A_n adalah sama dengan luas bruto, A_g .

2.5.3 Desain Kekuatan Tekan

Batang tekan jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu pada titik simpul bersifat simetris, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai batang yang dibebani secara konsentris.

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal E1) Kekuatan tekan desain, $\phi_c P_n$, dan Kekuatan Tekan tersedia, P_n/Ω_c , di tentukan sebagai berikut : Ketentuan tekan nominal, P_n harus nilai terendah yang di peroleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi-lentur.

$$R_u \leq \phi R_n \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

Untuk kondisi tekan, penampang di klasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_r di sebut penampang dengan elemen-langsing.

Untuk kondisi lentur, penampang di klasifikasikan sebagai penampang Kompak, non kompak atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya, λ_p . Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi λ_p . Tetapi tidak boleh melebihi λ_r , maka penampang tersebut di sebut nonkompak. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi λ_r , di sebut penampang dengan elemen langsing.

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen Tekan Komponen Struktur yang menahan Tekan Aksial untuk PSB Bulat:

- Rasio Ketebalan-Terhadap-Lebar D/t
- Batasan Rasio Tebal-terhadap-lebar = $0.11 \times \frac{E}{F_y}$

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen tekan Komponen Struktur Menahan Lentur untuk PSB Bulat :

- Rasio Ketebalan-terhadap-lebar D/t
- $\lambda_p = 0.07 \times \frac{E}{F_y} \dots\dots\dots (2.34)$
- $\lambda_r = 0.31 \times \frac{E}{F_y} \dots\dots\dots (2.35)$

Dimana :

E = Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 Mpa)

F_y = tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (Mpa)

Panjang Efektif

Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$(K.L)/r < 200 \dots\dots\dots (2.36)$$

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus nilai terendah berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk-lentur yang sesuai.

$$P_n = A_g \times f_{cr} \dots\dots\dots (2.37)$$

Tegangan Kritis, F_{cr} , harus di tentukan sebagai berikut :

a.
$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(\text{atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \right)$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \dots\dots\dots (2.38)$$

b.
$$\text{Bila } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(\text{atau } \frac{Q \cdot F_y}{F_e} > 2.25 \right)$$

$$F_{cr} = 0.877 \cdot F_e \dots\dots\dots (2.39)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K.L}{r} \right)^2} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

- F_e = Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa)
- A_g = Luas penampang bruto
- K = Faktor panjang efektif
- L = Panjang batang tekuk
- r = Radius girasi atau jari – jari girasi

2.6 Perencanaan Sambungan

Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan begitu saja, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan stuktur secara keseluruhan.

Syarat- syarat sambungan :

1. Harus kuat, aman tetapi cukup hemat.
2. Ditempat yang mudah terlihat, seharusnya dibuat seindah mungkin.
3. Mudah dalam pelaksanaan pemasangan di lapangan.
4. Pada satu titik sambungan sebaiknya dihindari penggunaan alat penyambung yang beda- beda.

Pada perencanaan jembatan rangka tipe pelengkung ini sambungan direncanakan dengan menggunakan baut mutu tinggi (A490).

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi : (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 131)

$$\phi R_n \geq P_u \dots \dots \dots (2.41)$$

Dimana :

ϕ = factor resistansi (untuk konektor harga itu berkaitan dengan tipe kejadian, seperti 0,75 untuk retakan dalam tarik, 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi, dan 0,75 untuk tumpu baut pada sisi lubang)

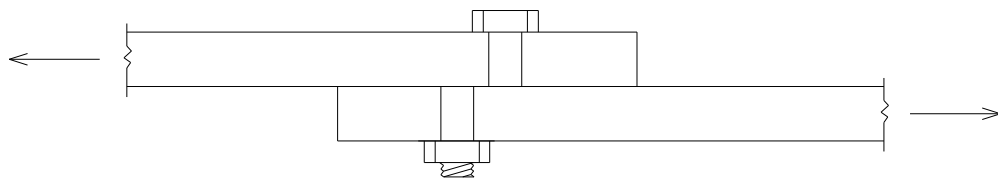
R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

2.6.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang Geser

Kekuatan ϕR_n , berdasarkan kekuatan geser penyambung tanpa ada ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \dots \dots \dots (2.42)\end{aligned}$$



Gambar 2.16. Kegagalan geser baut tanpa ulir

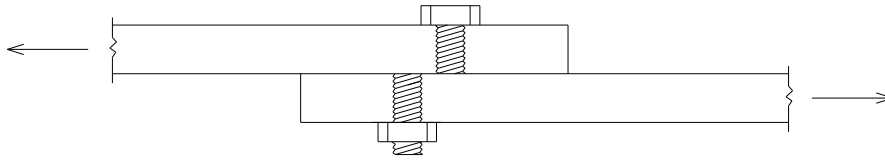
Dimana :

- ϕ = 0,65, suatu harga yang dipilih untuk mengkalibrasi
- F_u^b = kekuatan tarik bahan baut (120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A490)
- m = banyaknya bidang geser yang terlibat
- A_b = luas penampang lintang pada arah melintang tangkai tak berulir dari baut tersebut

2.6.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser

Kekuatan desain ϕR_n bila terdapat ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,45 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,45 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \dots \dots \dots (2.43)\end{aligned}$$



Gambar 2.17. Kegagalan geser baut ada ulir

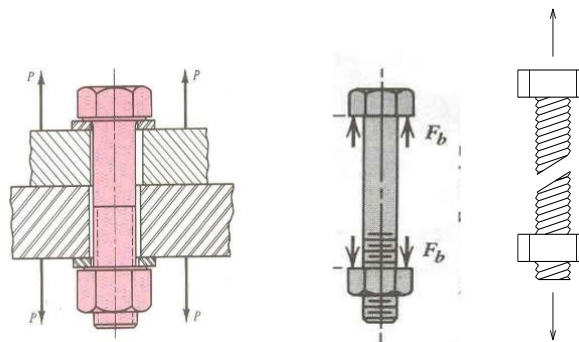
2.6.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tarik penyambung menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot F_u^b (0,75 \cdot A_b) \\ &= 0,75 \cdot F_u^b (0,75 \cdot A_b)\end{aligned}$$

Atau :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \dots\dots\dots(2.44)$$



Gambar 2.18 Kegagalan tarik baut

Dimana :

ϕ = 0,75, suatu harga untuk bentuk kegagalan tarik

F_u^b = kekuatan tarik bahan baut (120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A490)

$$1 \text{ ksi} = 68.95 \text{ kg/cm}^2$$

A_b = luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang berulir.

2.6.4 Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Untuk kondisi biasa (lubang standar atau lubang beralur pendek, jarak ujung tidak krang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya), berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \dots \dots \dots (2.45)$$

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang

d = diameter nominal baut (bukan pada bagian ulir)

t = ketebalan bagian yang disambung (misalnya pelat)

F_u = kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

2. Untuk lubang beralur pendek yang tegak lurus terhadap arah trasmisi beban, jarak ujung tidak kurang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \dots \dots \dots (2.46)$$

Dimana : ϕ = 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang

3. Untuk baut yang paling berdekatan dengan pinggir dimana kondisi 1 dan 2 tidak terpenuhi, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (L \cdot t \cdot F_u)$$

Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang

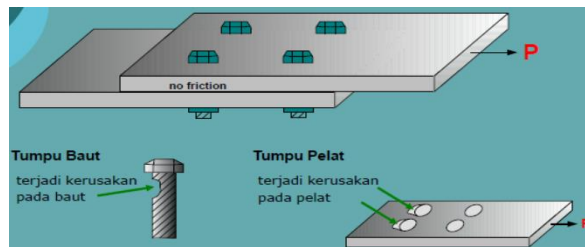
L = jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

4. Bila perpanjangan lubang lebih besar dari 0,25 dapat dipergunakan persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang

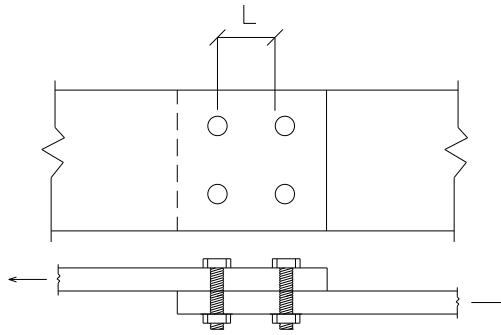


Gambar 2.19. Kegagalan tumpu baut ada ulir

2.6.5 Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya

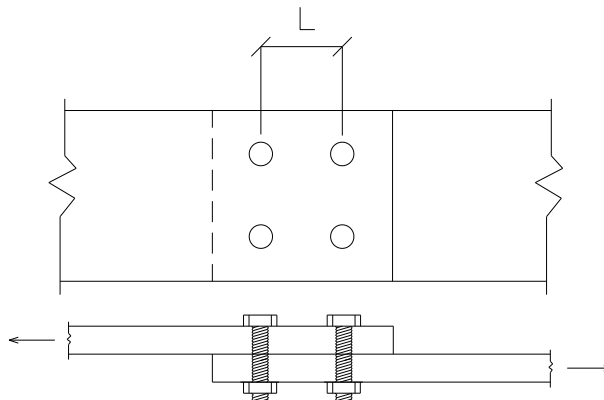
Untuk jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1,

$$1992 : 135) : L \geq \frac{R_n}{F_u t} \dots \dots \dots (2.48)$$



Gambar 2.20. Jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan
Dan kemudian penambahan radius $db/2$ lubang baut kepersamaan tersebut akan
memberikan jarak minimum dari pusat ke pusat :

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \dots\dots\dots(2.49)$$



Gambar 2.21. Jarak baut dari pusat sampai kepusat

Karena Rn pada persamaan ini merupakan kekuatan nominal yang disyaratkan,
yang sama dengan beban factor P , yang bekerja pada satu baut dibagi dengan
faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{P}{\phi . Fu.t} + \frac{Db}{2} \dots\dots\dots(2.50)$$

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk kegagalan tarik atau sisi lubang pada pelat

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

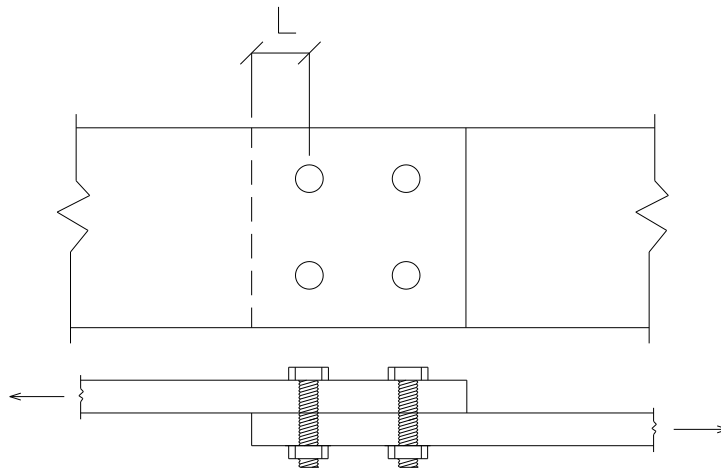
Db = diameter ludang baut

Jarak minimum baut dalam satu garis lebih disukai sebesar 3 x diameter baut dan tidak boleh kurang dari $2\frac{2}{3}$ x diameter baut

2.6.6 Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas

berdekatan : $L \geq \frac{Rn}{Fu.t}$ (2.51)



Gambar 2.22. Jarak ujung baut

Bila kekuatan nominal yang disyaratkan adalah beban terfaktor dibagi dengan faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu.t} \text{(2.52)}$$

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk kegagalan tarik atau sisi lubang pada pelat

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

2.6.7 Menentukan tebal plat simpul (t)

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg/cm²)

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

Kontrol pelat simpul LRFD

Menghitung kekuatan nominal pelat :

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,90 \dots\dots\dots(2.54)$$

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,75 \dots\dots\dots(2.55)$$

(Struktur Baja Desain dan Prilaku I, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :40)

diambil yang terkecil – menentukan : $\phi \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ = factor resistensi untuk jarak tepi baut = 0,75

F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg/cm^2)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

A_e = luas efektif antara batang tarik (cm^2)

T_n = kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_u = kekuatan tarik Dari bahan pelat (kg/cm^2)

2.6.8 Perhitungan Kabel

Kontrol Kabel :

$T_{\max} \leq \text{Breaking Strenght}$

$(\text{Axial Cabel} + \text{Berat Kabel}) \leq \text{Breaking Strenght}$

b.Perhitungan Sambungan Pada Kabel

- Sambungan antara sockets dengan gelagar induk

Sambungan diperhitungkan terhadap kekuatan geser,tarik,dan tumpu

❖ Kekuatan nominal penyambungan geser

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.6 \cdot F_u^b) m \cdot A_b \dots \dots \dots (2.56)$$

Dimana :

ϕ = factor resistensi 0,65 untuk geser 29

M = bidang geser

❖ Kekuatan nominal penyambungan geser 30

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.6 \cdot F_u^b) m \cdot A_b \dots \dots \dots (2.57)$$

Dimana :

ϕ = factor resistensi 0,65 untuk geser

M = bidang geser

❖ Kekuatan nominal penyambungan dalam lampu

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.6 \cdot F_u^b) m \cdot A_b \dots \dots \dots (2.58)$$

Dimana :

ϕ = factor resistensi 0,65 untuk geser

M = bidang geser

d = diameter nominal baut

t = ketebalan bagian yang disambung (tebal flens)

Fu = kekuatan tarik baja pada bagian yang disambung

❖ Menentukan jumlah baut

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R_n} \dots \dots \dots (2.59)$$

Dimana :

n = jumlah baut

Pu = gaya aksial yang bekerja (kg)

ϕR_n = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg)

❖ Menentukan jarak minimum baut

Syarat penyusunan baut

$$\text{Jarak tepi baut, } L = 1,5d - 3d \text{ dan antara baut, } L = 3d - 7d \dots (2.60)$$

BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1 Data Perencanaan

Data perencanaan struktur atas jembatan desa tagul kalimantan utara :

3.1.1 Data Struktur

- 1.Kelas jembatan : I
- 2.Panjang total jembatan : 60,00 meter
- 3.Lebar total jembatan : 9,00 meter (2 jalur)
- 4.Lebar lantai kendaraan : 7,00 m
- 5.Lebar trotoir : 2 x 1,00 m
- 6.Tebal trotoir : 0,75 m
- 7.Tipe jembatan : lengkung
- 8.Tinggi rangka jembatan : 6,00 m
- 9.Jarak antara gelagar memanjang : 1,4 m (untuk lantai kendaraan)
- 10.Jarak antara gelagar melintang : 5,00 m

11. Mutu bahan :

*Mutu baja tulangan ulir (f_y) = 320 Mpa

*Mutu beton (f_c') = 35,0 Mpa

*Mutu baut = 1035,0 Mpa

*Baja = Bj 52 (f_y) = 410 Mpa

12.Peraturan

*Pembebanan = RSNI T – 02 – 2005

*Beton = SK SNI 03 – XXX - 2002

3.1.2 Data Pembebanan

Lapisan aspal lantai kendaraan (faktor beban = 1,3 (*RSNI T-02-2005,hal:9*))

1. Tebal Lapisan Aspal : 0,05 meter
2. Berat Jenis Aspal : 22400 kg/m³

Pelat beton trotoir (faktor beban = 1,3 (*RSNI T-02-2005,hal:9*))

1. Tebal Plat Beton : 0,55 meter
2. Tegel + Spesi : 0,05 meter
3. Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 kg/m³

Pelat Beton lantai kendaraan (faktor beban = 1,3 (*RSNI T-02-2005,hal:9*))

1. Tebal Plat Beton : 0,25 meter
2. Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 kg/m³

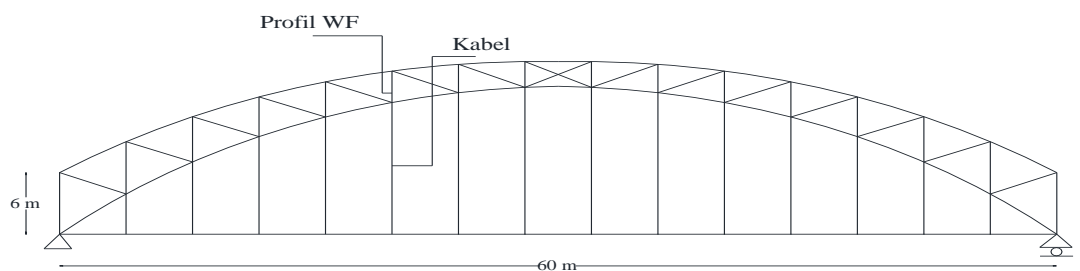
Air Hujan (faktor beban = 2,0 (*RSNI T-02-2005,hal:8*))

1. Tinggi Air Hujan (diasumsikan) : 0,05 meter
2. Berat Air Hujan : 1000 kg/m³

Bridge/Metal deck (faktor beban = 1,1 (*RSNI T-02-2005,hal:9*))

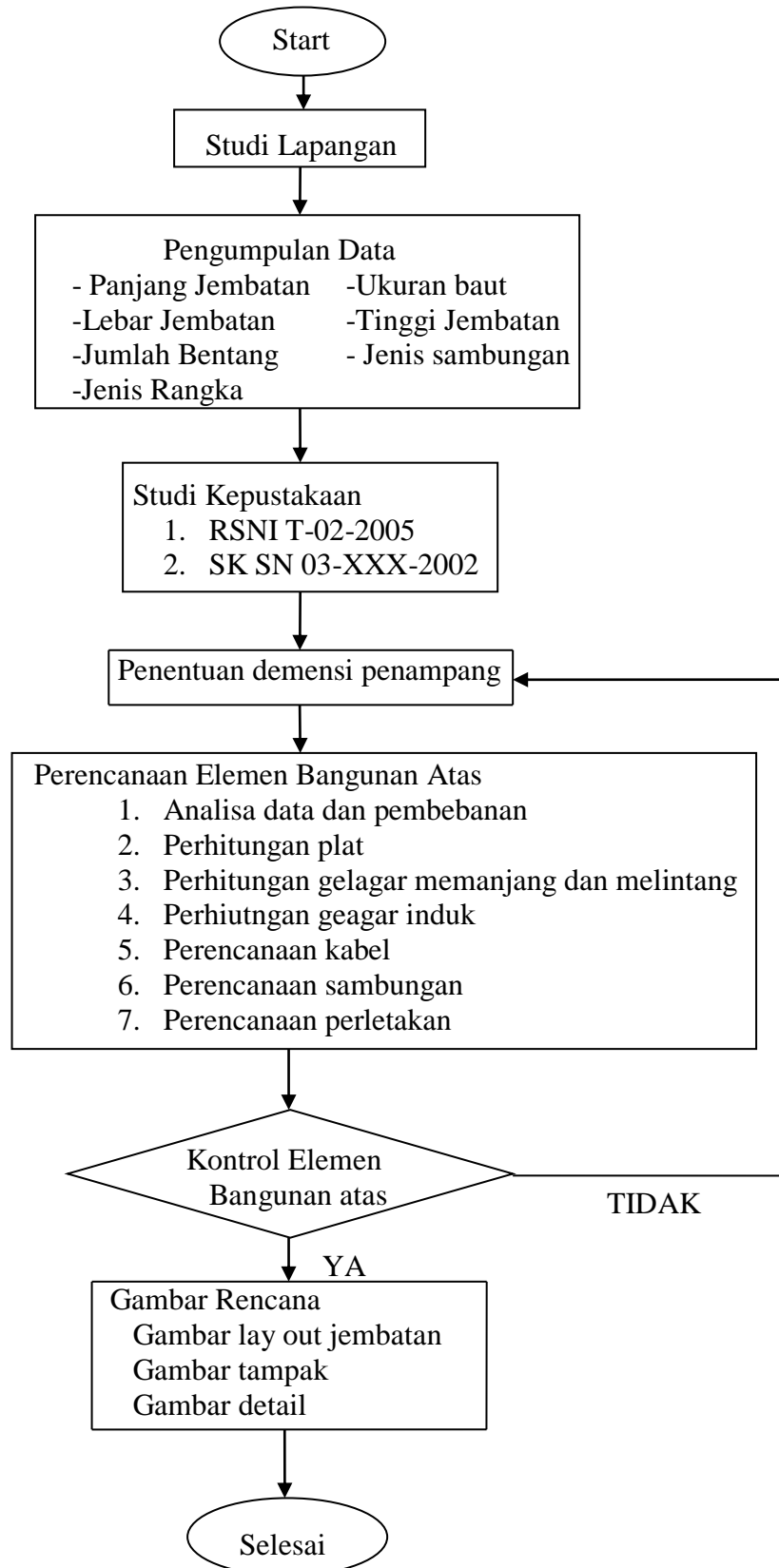
1. Tebal metal deck : 0,76 meter

3.1.3 Gambar Perencanaan

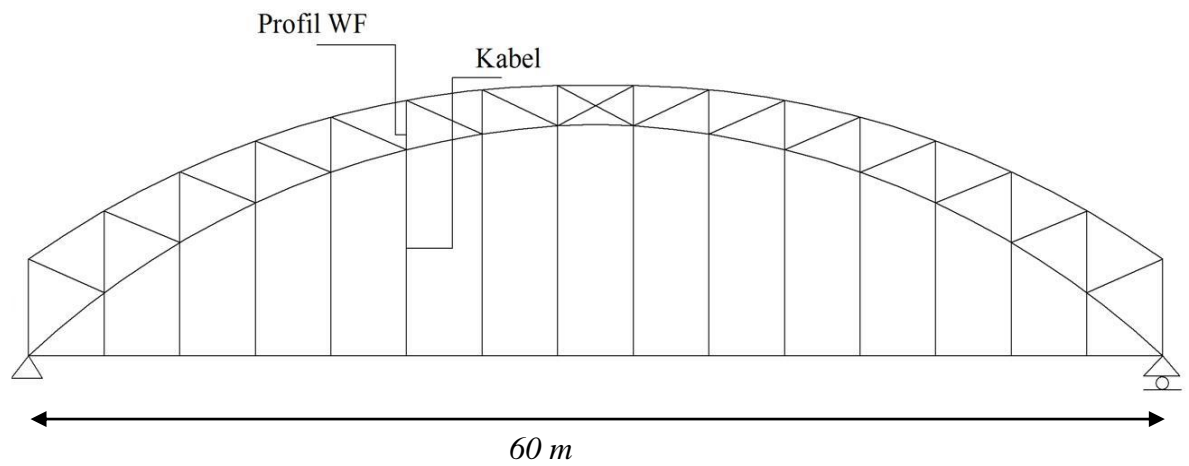


Gambar 3.1.Perencanaan Kostruksi Jembatan

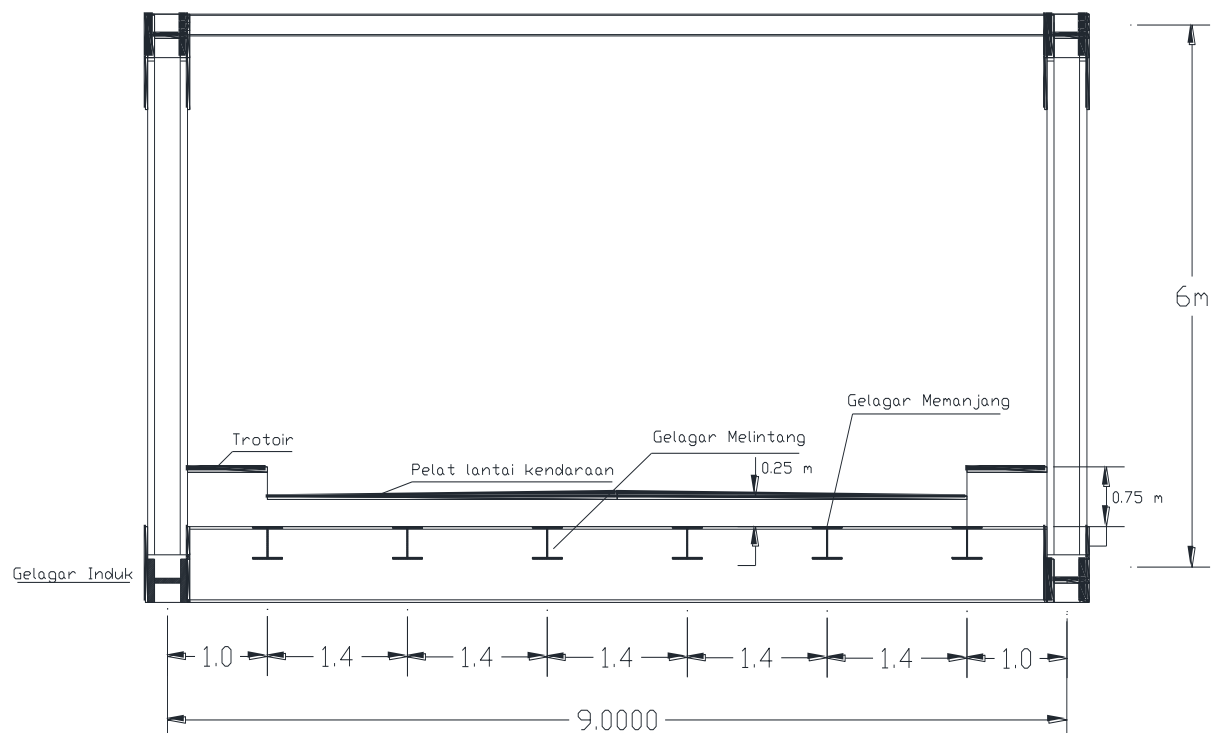
3.1.4 Diagram Alir Perencanaan



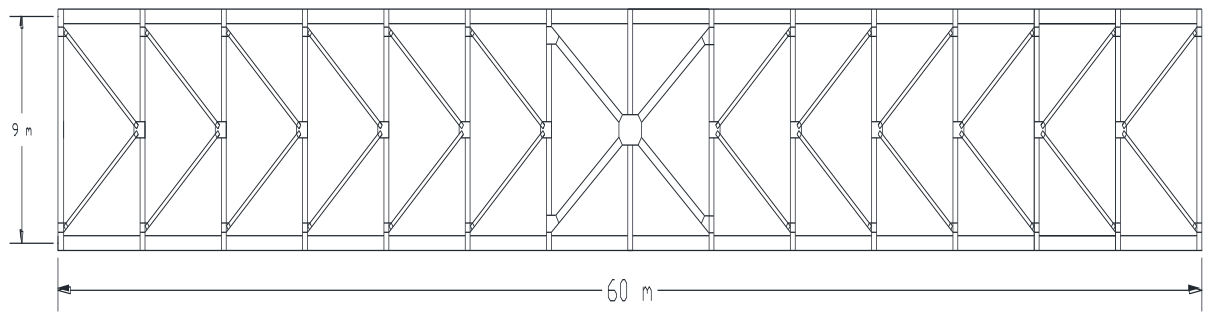
3.1.5. Gambar Perencanaan



Gambar 3.2 Perencanaan konstruksi jembatan



Gambar 3.3 Potongan melintang jembatan

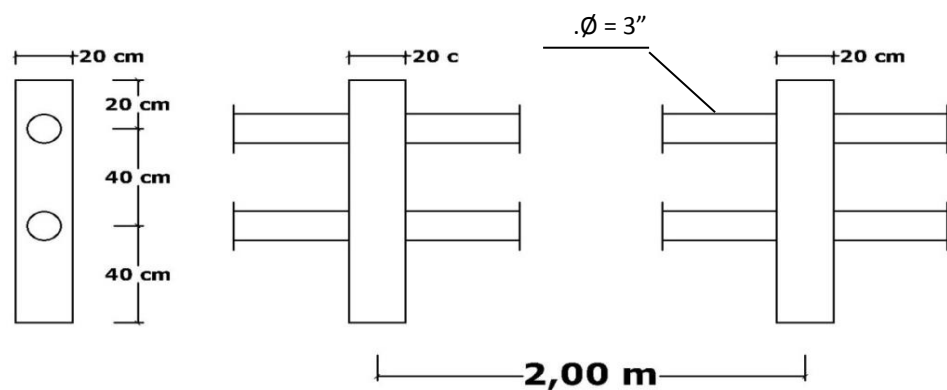


Gambar 3.4 Ikatan Angin

3.2 Perencanaan Tiang sandaran Jembatan

3.2.1 Pembebanan Pada Tiang Sandaran

Sandaran pada jembatan terdiri dari tiang sandaran dan pipa sandaran. Untuk pipa sandaran menahan beban yang bekerja horizontal sebesar $(q) = 75 \text{ kg/m}$, dan untuk tiang sandaran direncanakan menahan beban (P) sebesar $= q \times l$, dimana l merupakan jarak antar tiang sandaran dalam satuan panjang meter. ¹



Gambar 3.5 Tiang Sandaran dan pipa sandaran

➤ Pipa Sandaran

Dari tabel baja halama 68.
untuk pipa $\phi = 3''$ diperoleh data
sebagai berikut :

$$D = 76,3 \text{ mm}$$

$$t = 2,8 \text{ mm}$$

$$g = 5,08 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jarak antar tiang sandaran} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tiang sandaran} = 1,00 \text{ m}$$

- Beban hidup tiang sandaran (faktor beban = 2,0)

$$q = 75 \text{ kg/m} \times 2,0 = 150 \text{ kg/m}$$

3.2.2 Perhitungan Statika

- Perhitungan Pipa Sandaran

Digunakan pipa baja dengan $\phi = 76,3 \text{ mm}$

$$t = 2,8 \text{ mm} \quad I = 43,7 \text{ cm}^4$$

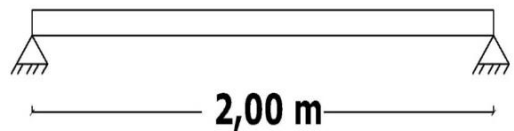
$$G = 5,08 \text{ kg/m} \quad w = 11,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} q_{u_y} &= 1,4 \times q_d \\ &= 1,4 \times 5,08 \\ &= 7,112 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u_x} &= 1,2 \cdot q_d + 1,6 \times q_l \\ &= 1,2 \cdot 0 + 1,6 \cdot 75 \\ &= 120 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_y} &= \frac{1}{8} \times q_{u_y} \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 7,112 \times 2^2 = 3,556 \text{ kg.m} = 355,6 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_x} &= \frac{1}{8} \times q_{u_x} \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 120 \times 2^2 = 60 \text{ kg.m} = 600 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$



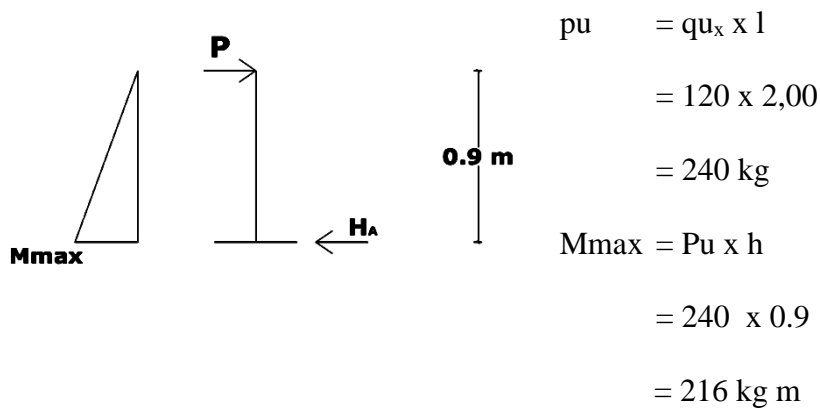
Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi b \times Mn \geq Mu_y$$

$$0,9 \times (11,5 \times 3600) \geq 355,6 \text{ kg.cm}$$

$$37260 \text{ kg.m} \geq 355,6 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

➤ Perhitungan tiang sandaran



3.2.3 Penulangan Tiang sandaran

Direncanakan :

$$b = 200 \text{ mm} \qquad h = 200 \text{ mm}$$

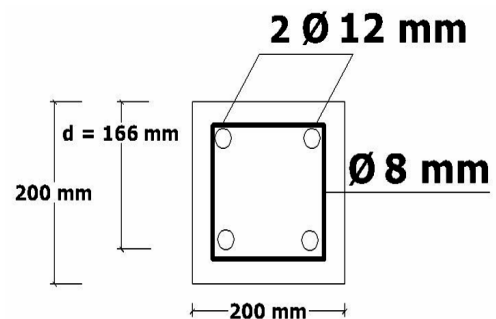
$$d = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \times D \text{ tulangan tarik}$$

$$= 200 - 20 - 8 - (\frac{1}{2} \times 12)$$

$$= 166 \text{ mm}$$

$$d'' = 200 - 166$$

$$= 34 \text{ mm}$$



V_u = berat sendiri tiang sandaran + beban sendiri pipan sandaran

$$= [(0,2 \times 0,2 \times 1,0 \times 2400) + (2 \times (2 \times 5,08))] \times 1,4$$

$$= 162,848 \text{ Kg}$$

$$M_u = M_{\max} = 216 \text{ kg.m} = 2160 \text{ N.m}$$

$$M_n = \phi \times b \times d^2 \times k$$

$$M_u = M_n \text{ maka diperoleh nilai } K = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$K = \frac{2160 \times 10^3}{0.8 \times 200 \times 166^2} = 0.490 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0.85 f_c'}} \right]$$

$$= \frac{0.85 \times 25}{240} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.490}{0.85 \times 25}} \right] = 0.00207$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} = 0.00583$$

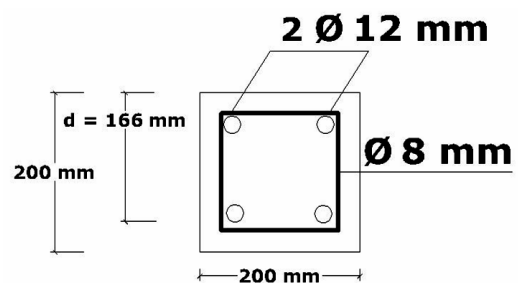
$\rho_{\text{perlu}} = 0.00207 < \rho_{\min} = 0.00583$ maka, dipakai $\rho_{\min} = 0.00583$

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$= 0.00583 \times 200 \times 166$$

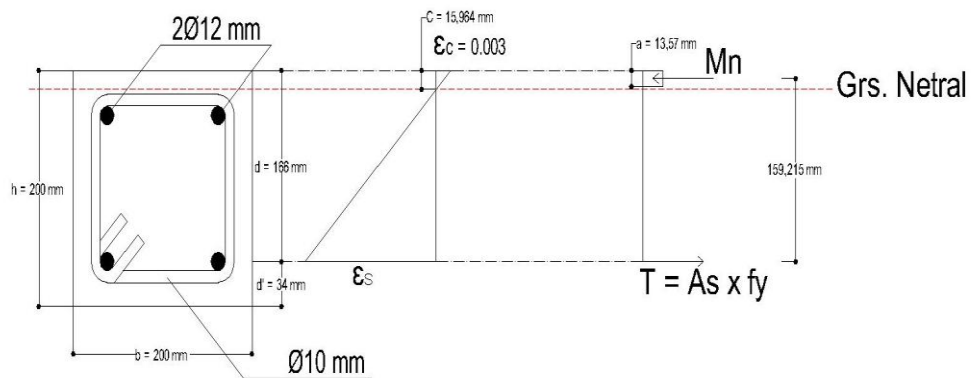
$$= 193,556 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 Ø 12 mm



$$A_s \text{ ada} = (1/4 \cdot \pi \cdot 12^2) \cdot 2 = 226,195 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 193,556 \text{ mm}^2 \dots \text{ok}$$

Kontrol Momen Kapasitas



Dianggap baja tulangan telah mencapai leleh saat beton mulai terak ($\epsilon_c = 0.003$) dan $f_s = f_y$ maka

$$N_T = N_D$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times b \times f'_c} = \frac{226,195 \times 240}{0.85 \times 200 \times 25} = 12,773 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{12,773}{0,85} = 15,027 \text{ mm}$$

$$f_s = 600 \times \left(\frac{c}{d-c} \right) = 600 \times \left(\frac{15,027}{166-15,027} \right) = 59,721 \text{ Mpa} < f_y = 240$$

Mpaok

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 226,195 \times 240 \times \left(166 - \frac{12,773}{2} \right) =$$

$$8664906,152 \text{ Nmm}$$

$$= 8664,906152 \text{ KNmm}$$

$$\frac{M_n}{M_u} = \frac{8664,906152}{1350} = 6,418 \quad \text{..... Ok}$$

Perencanaan Tulangan Geser

$$V_u = 162,848 \text{ Kg} = 1628,48 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 200 \times 166 = 55333,333 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \times 0,6 \times 55333,333 = 16600 \text{ N}$$

Karena $\frac{1}{2} \phi V_c = 16600 \text{ N} > V_u = 1628,48 \text{ N}$ secara teoritis tidak perlu menggunakan tulangan geser maka dipasang tulangan geser praktis. Dipakai tulangan sengkang $\phi 8 - 120 \text{ mm}$.

3.3 Perhitungan Plat lantai kendaraan dan Trotoir

3.3.1 Pembebanan plat lantai trotoir

A. Beban mati

- Beban mati trotoir

- Berat sendiri plat beton $= 0,55 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 1716 \text{ kg/m}$
- Berat tegel dan spesi $= 0,05 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 156 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan $= 0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat steel deck (0,76 mm) $= \frac{8,48 \times 1 \times 1,1}{1} = 9,33 \text{ kg/m}$

$$q_{u1} = 996 \text{ kg/m}$$

- Beban mati (P) akibat sandaran

Faktor beban 1,1.....(*RSNI T-02-2005, hal 9*)

- Berat sendiri tiang sandaran $= 0,027 \times 2400 \times 1,3 = 84,24 \text{ kg/m}$
- Berat pipa sandaran $= 2,0 \times (2 \times 5,08) \times 1,1 = 22,52 \text{ kg/m}$

$$P_{u1} = 106,76 \text{ kg/m}$$

B. Beban hidup

- Beban hidup trotoir

Faktor beban = 1,8.....(*RSNI T-02-2005, hal 19*)

Beban hidup trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar :

$$q = 5 \text{ Mpa} = 500 \text{ kg/m}^2 \dots\dots\dots(\text{RSNI T-02-2005, hal 24})$$

$$q_{u2} = 500 \times 1 \times 1,8$$

$$= 900 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Maka } q_{utr} = q_{u1} + q_{u2}$$

$$= 996 + 900$$

$$= 1896 \text{ kg/m}^2$$

3.3.2. Pembebanan Plat Lantai Kendaraan Dengan Bridge/Metal Deck

(Plat lantai dianggap balok dengan lebar 1 meter)

A. Beban mati

- Berat sendiri plat beton $= 0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan $= 0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat lapisan aspal $= 0,05 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 156 \text{ kg/m}$
- Berat metal deck (0,76) $= 8,48 \times 1 \times 1,1 = 9,33 \text{ kg/m}$

$$q_{u3} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$q_{ult} = q_{u3}$$

$$= 1047 \text{ kg/m}$$

B. Beban hidup

- Muatan “T” yang bekerja pada lantai kendaraan adalah tekanan gandar = 225 kN = 22500 kg, atau tekanan roda = 11250 kg.....(*RSNI T-02-2005, hal 19*)
- Faktor beban dinamis “FBD” = 0,4.....(*RSNI T-02-2005, hal 21*)

Dari rumus dibawah ini :

$$50 \text{ m} \leq L_E \rightarrow \text{FBD} = 0,4$$

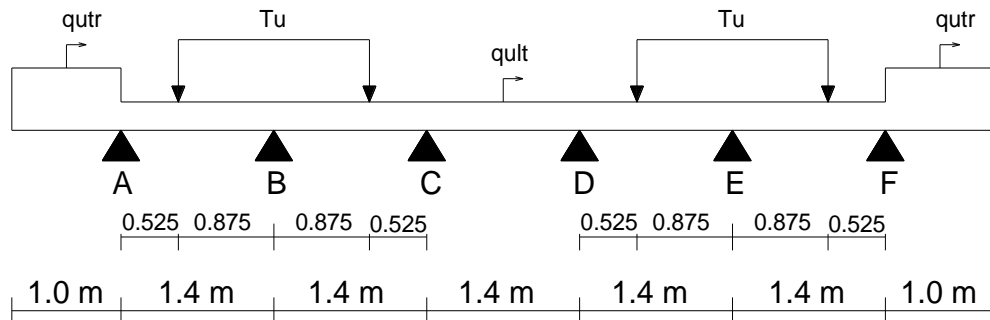
$$\text{Jadi : } L_E = 45, \text{ Factor beban } K = 1,8 \dots \dots \dots (\text{RSNI T-02-2005, hal 19})$$

$$\text{Maka } P = (1 + 0,40) \times 11250 = 15750 \text{ kg}$$

$$P_{ult} \text{ atau Beban } T = 1,8 \times 15750 = 28350 \text{ kg}$$

3.3.3 Perhitungan statika

Kondisi Pembebanan I



Gambar 3.6 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro 2004).

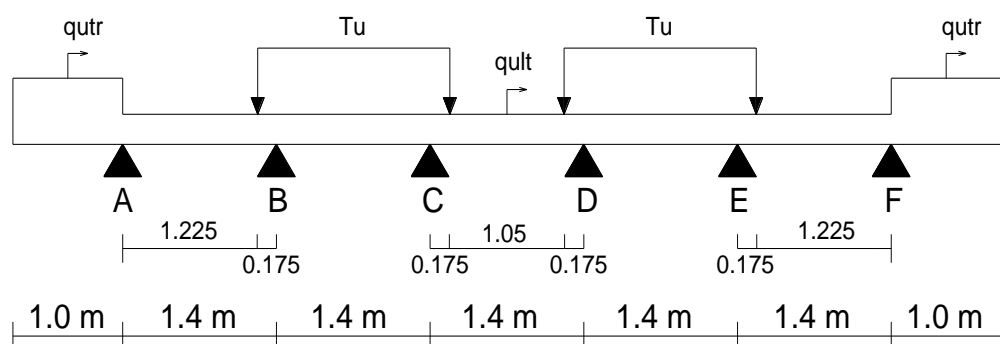
Dimanan :

$$q_{utr} = 996 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{ult} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 28350 \text{ kg}$$

Kondisi Pembebanan II



Gambar 3.7 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro 2004).

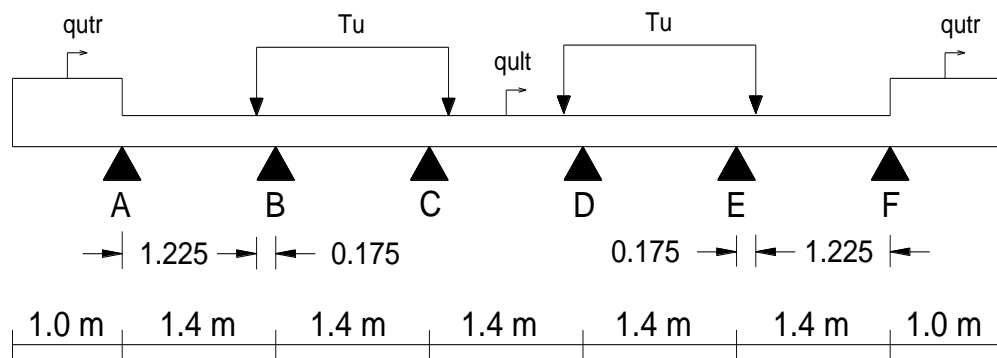
Dimanan :

$$q_{utr} = 996 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{ult} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 28350 \text{ kg}$$

Kondisi Pembebanan III



Gambar 3.8 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika
STAAD Pro 2004).

Dimanan :

$$q_{utr} = 996 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{ult} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 28350 \text{ kg}$$

Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Momen

No	Tumpuan	Lapangan	Pembebanan Kondisi I (kg m)	Pembebanan Kondisi II (kg m)	Pembebanan Kondisi III (kg m)
1	A	-	0	0	0
2	B	-	1441	1441	1441
3	C	-	5618	1522	1522
4	D	-	2155	1788	1788
5	E	-	2155	569,756	569,756
6	F	-	5618	1807	1807
7	G	-	1441	1441	1441
8	H	-	0	0	0
9	-	AB	360,166	360,166	360,166
10	-	BC	-4168,9	-1256,6	-1255,6
11	-	CD	-3811,5	1399	1399
12	-	DE	1899	-1558,1	-1558,1
13	-	EF	-3811,5	5893	5893
14	-	FG	-4168,9	-1113,1	-1113,1
15	-	GH	360,166	360,166	360,166

3.4 Perhitungan Penulangan Plat

3.4.1 Perhitungan Penulangan Plat Lantai Kendaraan

❖ Penulangan Tumpuan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I,II dan III didapatkan :

$$M_{\max} \text{ Tumpuan (E)} = 569,7560 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $d = 16 \text{ mm } (\phi 16)$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$d = 250 - (\frac{1}{2} \cdot 16) - 50 = 192 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$M_u = 569,7560 \text{ kgm}$$

Momen nominal (Mn) :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{569,7560}{0,8} \\ &= 712,195 \text{ kgm} = 712,195 \cdot 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Koefisien tahanan (Rn) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{7121950}{1000 \cdot 192^2} = 0,193 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) \\ &= 0,0442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0442 \\ &= 0,0332\end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{320} = 0,0044\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,549} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,193 \cdot 12,549}{320}} \right) \\ &= 0,0006\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0044$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan (A_{perlu}) :

$$\begin{aligned}A_{\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 192 = 844,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{844,8}{200,96} = 4,20 \quad \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{4,20} = 238,095 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 200$

$$A_{s\text{ada}} = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 1004,8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 844,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}} \\ &= 20\% \cdot 844,8 = 168,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 10}}} = \frac{844,8}{78,5} = 10,76 \quad \approx 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{10,76} = 92,936 \quad \approx 100 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 785 \text{ mm}^2$$

❖ Penulangan Lapangan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I, II dan III didapatkan :

$$M_{\text{max}} \text{ Lapangan (AB)} \quad = 360,166 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $d = 16 \text{ mm}$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$d = 250 - \left(\frac{1}{2} \cdot 16\right) - 50 = 192 \text{ mm}$$

$$M_u = 360,166 \text{ kgm}$$

Momen nominal (M_n) :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{360,166}{0,8}$$

$$= 450,2075 \text{ kgm} = 450,2075 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

Koefisien tahanan (R_n) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{4502075}{1000 \cdot 192^2} = 0,122 \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) \\ &= 0,0442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0442 \\ &= 0,0332 \end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{320} = 0,0044\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,549} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,122 \cdot 12,549}{320}} \right) \\ &= 0,0004\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0044$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan ($A_{s\text{perlu}}$) :

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 192 = 844,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{844,8}{200,96} = 4,20 \quad \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{4,20} = 238,09 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 200$

$$A_{s\text{ada}} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 1206,37 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 844,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}} \\ &= 20\% \cdot 844,8 = 168,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 10}}} = \frac{844,8}{78,5} = 10,761 \quad \approx 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{10,761} = 92,9281 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 785 \text{ mm}^2$$

3.4.2 Perhitungan Penulangan Trotoir

Penulangan Tumpuan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I, II dan III didapatkan :

$$M_{\text{max Tumpuan (B)}} = 5618 \text{ kgm}$$

$$\text{Digunakan diameter tulangan, } d = 16 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$d = 750 - (\frac{1}{2} \cdot 16) - 50 = 692 \text{ mm}$$

$$b = 10000 \text{ mm}$$

$$M_u = 5618 \text{ kgm}$$

Momen nominal (M_n) :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{5618}{0,8}$$

$$= 7022,5 \text{ kgm} = 7022,5 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

Koefisien tahanan (Rn) :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{70225000}{1000 \cdot 692^2} = 0,0147$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549$$

$$\beta = 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)]$$

$$= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)]$$

$$= 0,85$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right)$$

$$= 0,0442$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0442$$

$$= 0,0332$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{320} = 0,0044\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,549} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0147 \cdot 12,549}{320}} \right) \\ &= 0,000079\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0044$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan ($A_{s\text{perlu}}$) :

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 692 = 3044,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{3044,8}{200,96} = 15,15 \approx 15 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{15,15} = 66,007 \approx 100 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 100$

$$A_{s\text{ada}} = 15 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16 = 6028,8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 3044,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned}A_{s\text{bagi}} &= 20\% \cdot A_{s\text{perlu}} \\ &= 20\% \cdot 3044,8 = 608,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s.\phi 10}} = \frac{3044,8}{78,5} = 2,710 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{3} = 333,33 \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s\text{ada}} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 235,62 \text{ mm}^2$$

Penulangan Lapangan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I dan II didapatkan :

$$M_{\text{max Tumpuan (B)}} = 5893 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $d = 16 \text{ mm}$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$d = 750 - (\frac{1}{2} \cdot 16) - 50 = 692 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$M_u = 5893 \text{ kgm.}$$

Momen nominal (M_n) :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{5893}{0,8}$$

$$= 7366,25 \text{ kgm} = 7366,25 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

Koefisien tahanan (R_n) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{73662500}{1000 \cdot 692^2} = 1,538 \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) \\ &= 0,0442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0442 \\ &= 0,0332 \end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi

regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,196} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,308 \cdot 10,196}{320}} \right) \\ &= 0,0052\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho = 0,0054$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan (A_{sperlu}) :

$$\begin{aligned}A_{\text{sperlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0054 \cdot 1000 \cdot 197 = 1063,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{\text{sperlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{1063,8}{201,06} = 5,29 \quad \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{6} = 166,67 \quad \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 150$

$$A_{\text{sada}} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16 = 1206,37 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1063,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$A_{s_{\text{bagi}}} = 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$= 20\% \cdot 1063,8 = 212,76 \text{ mm}^2$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

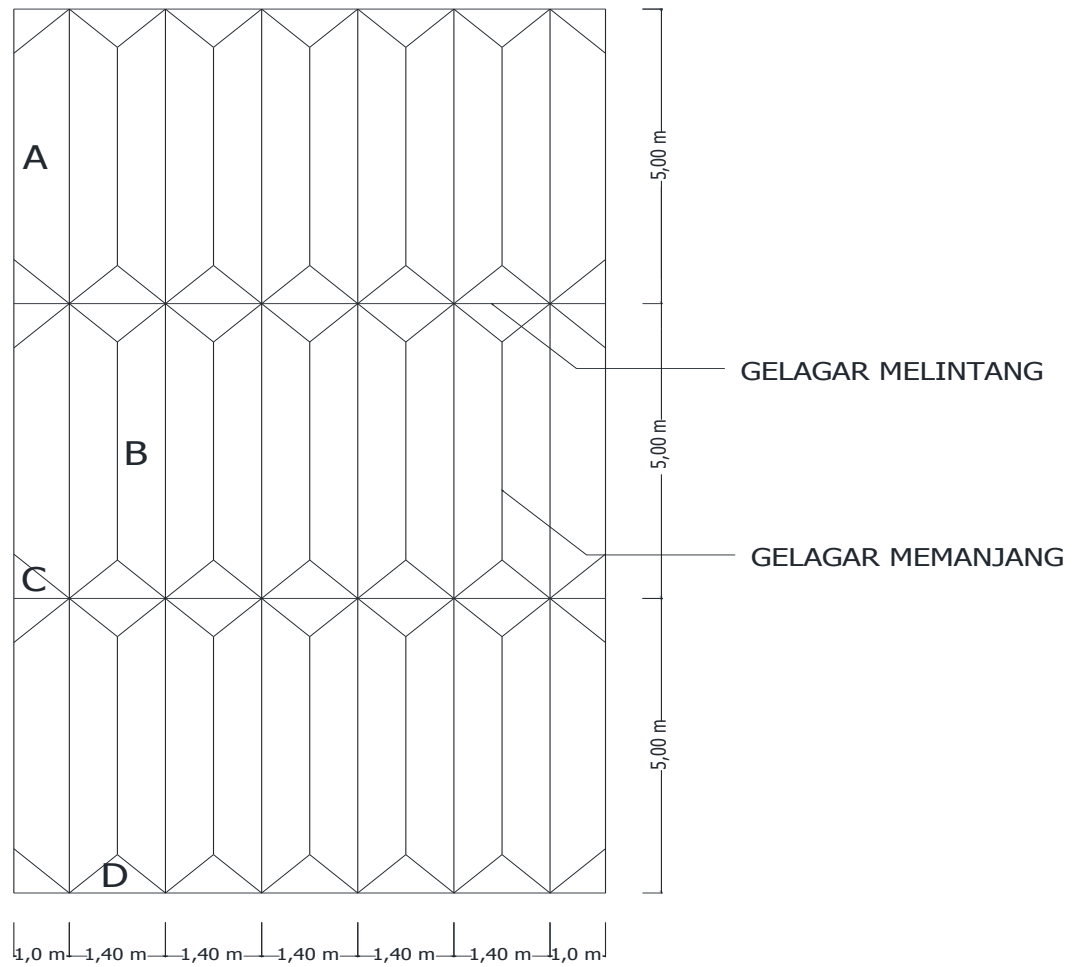
$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 10}}} = \frac{212,76}{78,5} = 2,710 \quad \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{3} = 333,33 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

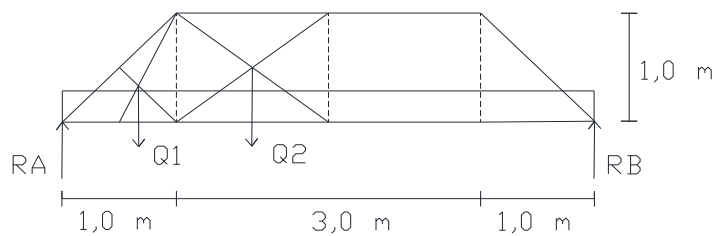
$$A_{s_{\text{ada}}} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 235,62 \text{ mm}^2$$

3.5 Perhitungan Perataan Beban



Gambar 3.9 Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoir

1. Perataan Beban Tipe A



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,5$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 3,0 \cdot 1,0 = 1,5$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2$$

$$= 0,5 + 1,5 = 2$$

$$M_I = (R_A \times 2,5) - [Q_1 \times (\frac{1}{2} \times 1,0 + \frac{1}{2} \times 3,0) + (Q_2 \times (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 3,0))]$$

$$= (2 \times 2,5) - [0,5 \times (0,5 + 1,5) + (1,5 \times 0,75)]$$

$$= (5) - [1 + 1,125]$$

$$= 2,875$$

$$M_{II} = \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2$$

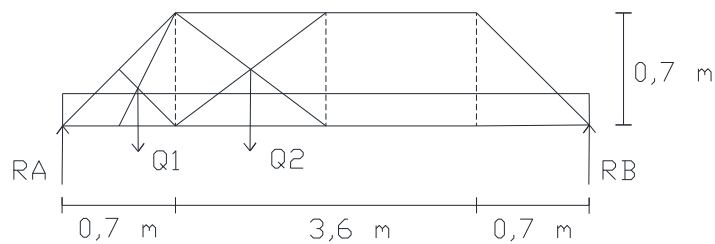
$$= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 5^2 = 3,125 h$$

$$M_I = M_{II}$$

$$2,875 = 3,125 h$$

$$h = 0,92 \text{ m}$$

2. Perataan Beban Tipe B



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,245$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 3,6 \cdot 0,7 = 1,26$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2$$

$$= 0,245 + 1,26 = 1,505$$

$$M_I = (R_A \times 2,5) - [Q_1 \times (\frac{1}{2} \times 0,7 + \frac{1}{2} \times 3,6) + (Q_2 \times (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 3,6))]$$

$$= (1,505 \times 2,5) - [0,245 \times (2,15) + (1,26 \times 0,9)]$$

$$= 2,102$$

$$M_{II} = 1/8 \cdot h \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot h \cdot 5^2 = 3,125 h$$

$$M_I = M_{II}$$

$$2,102 = 3,125 h$$

$$h = 0,673 \text{ m}$$

3.6 Perencanaan Gelagar memanjang

- Jarak gelagar memanjang = 1,4 m
- Jarak gelagar melintang = 5,0 m

3.6.1 Perhitungan pembebanan

a. Beban Mati

- Akibat berat lantai trotoir (untuk gelagar tepi)

$$q_u = (\text{peretaan beban tipe A} \times q \text{ plat trotoir}) + (\text{peretaan beban tipe B} \times q \text{ plat lantai kendaraan}) + \text{tiang sandaran} + \text{pipa sandaran}$$

$$= (0,92 \times 996) + (0,673 \times 1047) + 50,544 + 11,176$$

$$= 1682,671 \text{ kg/m}$$

- Akibat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tengah)

$$q_u = (\text{peretaan beban tipe B} \times q \text{ plat lantai kendaraan})$$

$$= (2 \times 0,673 \times 1047)$$

$$= 1409,262 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup “D”

Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang. (Buku RSNI T - 02 – 2005 hal.18)

$$L = 60 \text{ m} \rightarrow L \geq 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

$$= 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kPa}$$

$$= 6,75 \text{ kPa} = 675 \text{ kg/m}^2$$

- Beban terbagi rata (BTR) ; factor beban 1,8 (RSNI T -02-2005 hal.17)

$$q = 675 \times 1,8$$

$$= 1215 \text{ kg/m}^2$$

- Akibat beban garis (BGT) $P = 49,0 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$; factor beban 1,8 (RSNI T -02-2005 hal.18,17)

$$P_u = 4900 \times 1,8$$

$$= 8820 \text{ kg/m}$$

- Faktor beban dinamis (FBD) / koefisien kejut

(Dari gambar 8 hal. 25 buku RSNI T-02-2005, untuk bentang 60 m didapat nilai FBD= 40% = 0,4)

$$k = 1 + \text{FBD}$$

$$= 1 + 0,4 = 1,4$$

c. Beban Hidup "T" (factor beban = 1,8 RSNI T-02-2005 hal.22)

Untuk perencanaan yang di akibatkan oleh beban "T" diambil sebesar 11,25 ton (Buku RSNI T-02-2005 hal.1) dan faktor beban dinamisnya sebesar 30% = 0,3.

$$T = 11250 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T_u &= 11250 \times 1,3 \times 1,8 \\ &= 26325 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perbandingan beban hidup gelagar :

1) Gelagar tepi

$$\begin{aligned} q_u &= (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A} \times \text{factor beban}) \\ &= (900 \times 0,92 \times 1,8) \\ &= 1490,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2) Gelagar tengah

$$\begin{aligned} q_u &= \left(\frac{1600}{2,75} \right) \times 1/2 \times (1,40 + 1,40) \\ &= 814,545 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \left(\frac{8820}{2,75} \right) \times 1/2 \times (1,4 + 1,4) \times k \\ &= 6272 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_u = 26325 \text{ kg}$$

3.6.2 Perhitungan Statika

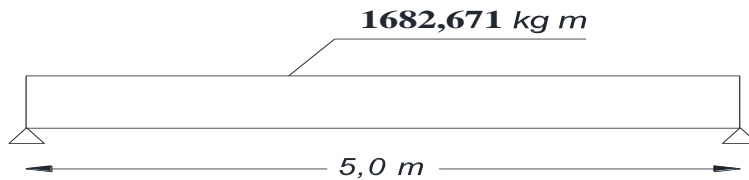
Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

a. Gelagar tepi

▪ Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat lantai kendaraan untuk gelagar tepi

$$= 1682,671 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot 1682,671 \cdot 5,0$$

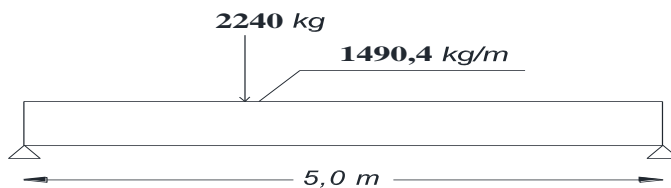
$$= 4206,678 \text{ kg}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 1682,671 \cdot 5^2$$

$$= 5820,847 \text{ kg m}$$

▪ Akibat beban hidup



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot [(1490,4 \cdot 5,0) + 2240]$$

$$= 4851 \text{ kg}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot l^2 + (1/4 \cdot P_u \cdot l)$$

$$= 1/8 \cdot 1490,4 \cdot 5^2 + 1/4 \cdot 2240 \cdot 5$$

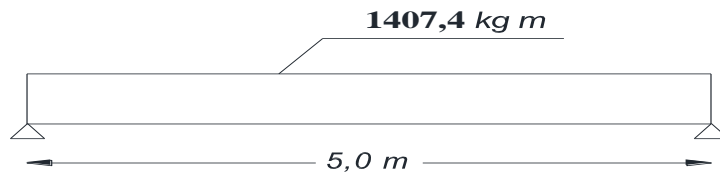
$$= 7457,5 \text{ kg m}$$

b. Gelagar tengah

• Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat lantai kendaraan untuk gelagar tengah

$$= 1490,4 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot 1407,4 \cdot 5,0$$

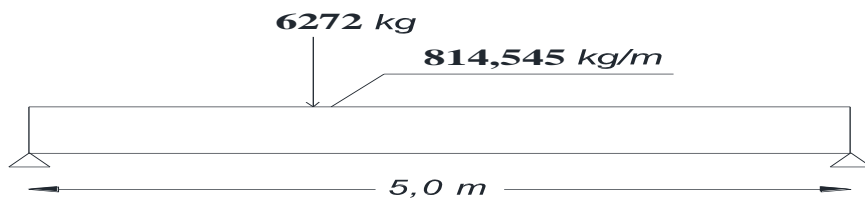
$$= 3518,5 \text{ kg}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 1407,4 \cdot 5^2$$

$$= 4398,125 \text{ kg m}$$

▪ Akibat beban hidup “D”



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot [(814,545 \cdot 5,0) + 6272]$$

$$= 6116,563 \text{ kg}$$

$$M_u = (1/8 \cdot q_u \cdot l^2) + (1/4 \cdot P_u \cdot l)$$

$$= (1/8 \cdot 814,545 \cdot 5^2) + (1/4 \cdot 6272 \cdot 5)$$

$$= 10358,453 \text{ kg m}$$

▪ Akibat beban hidup “T”

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{4} \cdot T \cdot l \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 26325 \cdot 5 \\
 &= 32906,25 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

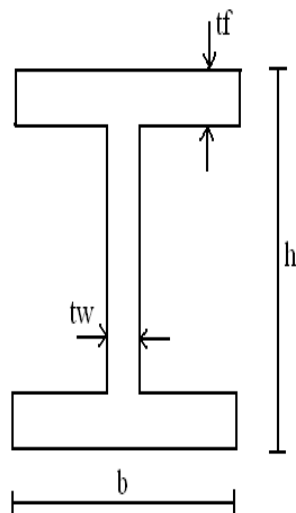
Momen total :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Untuk gelagar tepi, } M_{u1} &= 5820,847 + 7457,5 \\
 &= 13278,347 \text{ kg m} \\
 \text{b. Untuk gelagar tengah, } M_{u1} &= 4398,125 + 10358,453 + 32906,25 \\
 &= 47662,828 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

Jadi untuk perencanaan diambil gelagar tengah yang diakibatkan oleh beban mati dan beban truk "T".

3.7. Perencanaan dimensi gelagar memanjang

Dipilih profil WF 350x350x12x19



$$G = 56,6 \text{ kg/m}$$

$$A = 173,9 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 40300 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 13600 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 15,2 \text{ cm}$$

$$r_y = 8,84 \text{ cm}$$

$$S_x = 2300 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 776 \text{ cm}^3$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$t_f = 19 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm}$$

$$\sigma = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan leleh baja)}$$

(Agus Setiawan, ST., M.T. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD

Edisi Kedua, Penerbit Erlangga.hal:349)

- Momen berat sendiri profil : (faktor beban = 1,1)

$$Mu_2 = 1/8 \cdot G \cdot l^2 \cdot \text{faktor beban}$$

$$= 1/8 \cdot 56,6 \cdot 5^2 \cdot 1,1$$

$$= 194,563 \text{ kg m}$$

$$Mu_{\text{total}} = Mu_1 + Mu_2$$

$$= 47662,828 + 194,563$$

$$= 47857,391 \text{ kg m}$$

$$= 4785739,1 \text{ kg cm}$$

Syarat Pemilihan Profil :

$$\phi M_n \geq Mu \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, Jilid 1, 1992 : 425)

Dimana :

ϕ = faktor resistensi = 0,9 untuk balok lentur

M_n = kekuatan momen nominal

M_u = momen beban layan terfaktor

$$\phi M_n = \phi M_p = \phi \times z \times F_y$$

M_p = kekuatan momen plastis

1,12 = koefisien penampang plastis untuk profil WF

z = modulus plastis

F_y = untuk mutu baja St 52 = $3600 \text{ kg/cm}^2 = 360 \text{ Mpa}$

$$\phi M_n = M_u$$

$$\phi \times z \times F_y = M_u$$

$$z_x = \frac{M_u}{\phi \cdot F_y}$$

$$= \frac{4785739,1}{0,9 \cdot 3600}$$

$$= 1477,079 \text{ cm}^3 < 2300 \text{ cm}^3 \dots\dots \text{OK!!!}$$

▪ Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M_{total}}{\phi \cdot S_x}$$

$$= \frac{4785739,1}{0,9 \cdot 2300}$$

$$= 2311,951 \text{ kg/cm}^3 < \sigma = 3600 \text{ kg/cm}^3 \dots\dots \text{OK}$$

▪ Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (L = 5,0 \text{ m} = 500 \text{ cm}) \quad (\text{SNI-03-1729-2002})$$

$$= \frac{1}{240} \cdot 500$$

$$= 2,083 \text{ cm}$$

$$f_{ada} = \frac{5.Q_u.L^4}{384.E.I_x} + \frac{P.L^3}{48.E.I_x} \quad (\text{Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit}$$

Nova, hal 68)

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(14,093 + 56,6 \times 1,1) \cdot 500^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 40300} + \frac{26325 \times 500^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 40300}$$

$$= 0,298 + 1,629$$

$$= 1,926 \text{ cm} < 2,083 \text{ cm}$$

3.8 Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk perencanaan diambil gelagar melintang yang tengah.

3.8.1 Perhitungan Pembebanan

a) Beban mati

- Berat lantai kendaraan

$$q_u = q \times 5,0$$

$$= 1047 \times 5,0$$

$$= 5235 \text{ kg/m}$$

- Berat lantai trotoir dan tiang sandaran

$$q_u = (q \times 5,0) + [(2 \times P) + (75 \times 2,0)]$$

$$= (996 \times 5,0) + [(2 \times 106,76) + (75 \times 2,0)]$$

$$= 5943,52 \text{ kg/m}$$

- Berat gelagar memanjang (WF 300x300x12x19).....(Faktor beban 1,1 *RSNI T-02-2005*)

$$G = 56,6 \text{ kg/m}$$

$$P_u = G \times 5,0 \times 1,1$$

$$= 56,6 \times 5,0 \times 1,1$$

$$= 311,3 \text{ kg}$$

b) Beban hidup

- Faktor beban dinamik/koeffisien kejut

Dari gambar 8 buku *RSNI T-02-2005* hal. 25, didapatkan nilai dari

$$\text{FBD} = 40\% = 0,4$$

$$k = 1 + \text{DLA}$$

$$= 1 + 0,4 = 1,4$$

- Beban terbagi rata

$$q = 9 \text{ Kpa} \longrightarrow L \geq 30 \text{ m}$$

$$= 9 \text{ KN/ m}^2 = 900 \text{ kg/m}^2$$

$$= 900 \times 5,0$$

$$= 4500 \text{ kg/m}$$

- Beban Garis, $p = 49 \text{ KN/m} - 4900 \text{ kg/m} \dots\dots\dots (\text{RSNI T-02-2005, Hal.xi})$

$$p = 4900 \times k$$

$$= 4900 \times 1,4$$

$$= 6860 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup “D”, factor beban = 1,8, lalu lintas rencana harus mempunyai

lebar 2,75 (*RSNI T-02-2005*, Hal. 19)

$$q_{u1} = \frac{4500 + 6860}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times 1,8$$

$$= 40895,999 \text{ kg/m}$$

$$q_{u2} = \frac{4500 + 6860}{2,75} \times 0,75 \times 50\% \times 1,8$$

$$= 2788,364 \text{ kg/m}$$

- Beban Truk “T”

Beban truk diambil sebesar $T = 11250$, Faktor beban = 1,8.....(*RSNI T-02-2005* hal 22)

$$\begin{aligned} T_u &= 11250 \times k \times 1,8 \\ &= 11250 \times (1 + 0,3) \times 1,8 \\ &= 26325 \text{ kg} \end{aligned}$$

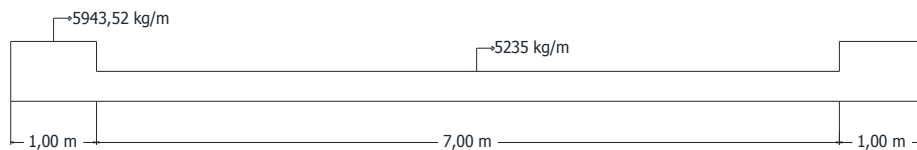
- Beban hidup trotoir, Factor beban = 1,8.....(*RSNI T-02-2005* hal 27)

$$\begin{aligned} q &= 5 \text{ Kpa} = 500 \text{ kg/m}^2 \\ q_u &= 500 \times 5,0 \times 1,8 \\ &= 4500 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

3.8.2 Perhitungan Statika

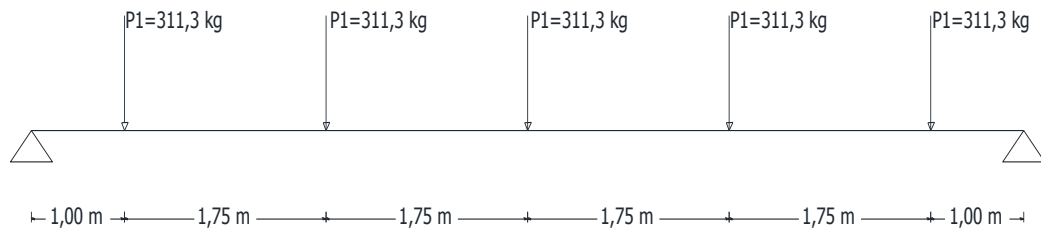
Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar melintang.

- Momen akibat berat lantai kendaraan, lantai trotoir dan tiang sandaran



$$\begin{aligned} R_A &= (q_1 \times \frac{1}{2} \times 7,0) + (q_2 \times 1,0) \\ &= (5235 \times 3,5) + (5943,52 \times 1,0) = 24266,02 \text{ kg} \\ M_{ul} &= (R_A \times 4,5) - (q_1 \times 3,5 \times 1,75) - (q_2 \times 1,0 \times 4,0) \\ &= (24266,02 \times 4,5) - (5235 \times 3,5 \times 1,75) - (5943,52 \times 1,0) \\ &= 165035, \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen akibat pembebanan gelagar memanjang (mati)



$$R_A = \frac{1}{2} \times P1 \times 5$$

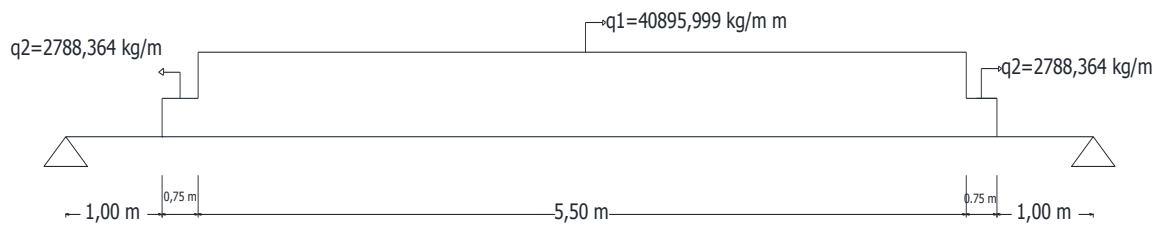
$$= \frac{1}{2} \times 311,3 \times 5 = 778,25 \text{ kg}$$

$$M_{u2} = (R_A \times 4,5) - (P1 \times 3,5) - (P1 \times 1,75)$$

$$= (778,25 \times 4,5) - (311,3 \times 3,5) - (311,3 \times 1,75)$$

$$= 1867,8 \text{ kgm}$$

▪ Momen akibat beban hidup “D”



$$R_A = (q1 \times \frac{1}{2} \times 5,5) + (q2 \times 0,75)$$

$$= (40895,999 \times \frac{1}{2} \times 5,5) + (2788,364 \times 0,75) = 110372,76 \text{ kg}$$

$$M_{u3} = (R_A \times 4,5) - (q1 \times 2,75 \times 1,375) - (q2 \times 0,75 \times 3,125)$$

$$= (110372,76 \times 4,5) - (40895,999 \times 2,75 \times 1,375) - (2788,364 \times 0,75 \times 3,125)$$

$$= 335504,196 \text{ kgm}$$

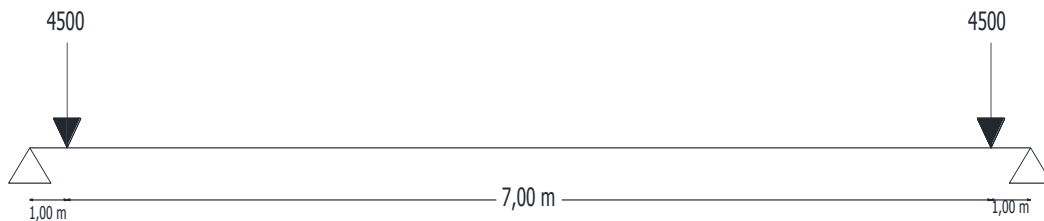
- Momen akibat beban truk “T”



$$R_A = 2 \times 90000 = 180000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{u4} &= (180000 \times 4,5) - (90000 \times 3) - (90000 \times 1,25) \\ &= 427500 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen akibat beban hidup trotoir



$$R_A = 4500 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{u5} &= (4500 \times 4,5) - (4500 \times 3,5) \\ &= 4500 \text{ kgm} \end{aligned}$$

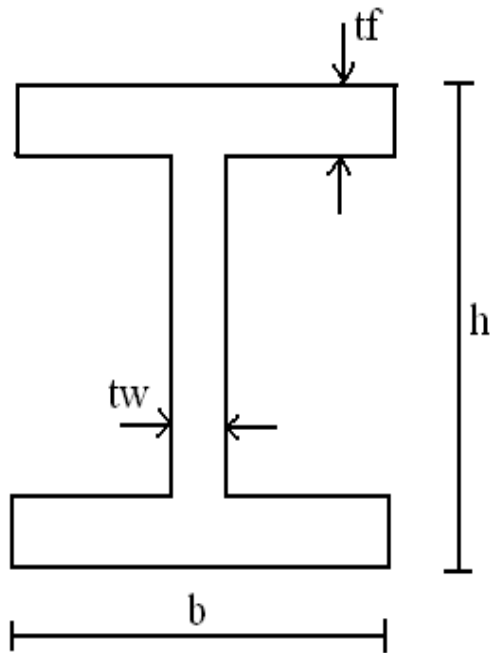
Karena momen akibat beban truk > momen akibat beban hidup “D”, maka diambil momen akibat beban truk.

Jadi momen yang terjadi pada gelagar melintang :

$$\begin{aligned} M_{u \text{ total}} &= M_{u1} + M_{u2} + M_{u3} + M_{u5} + M_{u6} \\ &= 55788,092 + 1867,8 + 335504,196 + 427500 + 4500 \\ &= 825160,088 \text{ kgm} \\ &= 825160088 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

3.9 Perencanaan Dimensi Gelagar Melintang

Dipilih baja profil WF 700x300x13x24



$$G = 185 \text{ kg/m}$$

$$A = 235,5 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 201000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 10800 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 29,3 \text{ cm}$$

$$r_y = 6,78 \text{ cm}$$

$$r = 2,8 \text{ cm}$$

$$S_x = 5760 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 722 \text{ cm}^3$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 24 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$t_w = 13 \text{ mm}$$

$$\sigma = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan leleh baja)}$$

$$M_{BS} = \frac{1}{8} \cdot G \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 185 \cdot 9^2$$

$$= 2060,438 \text{ kgm} = 206043,8 \text{ kgcm}$$

$$Mu \text{ total} = 825160088 + 206043,8$$

$$= 825366131,8 \text{ kgcm}$$

Syarat Pemilihan Profil

$\phi M_n \geq Mu$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 425)

Dimana :

ϕ = factor resistensi = 0,9 untuk balpk lentur

M_n = kekuatan momen nominal

M_u = momen beban layan terfaktor

$$\phi M_n = \phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times S_x \times f_y$$

M_p = kekuatan momen plastis

1,12 = koefisien penampang plastis untuk profil WF

f_y = untuk mutu baja St 52 = $3600 \text{ kg/cm}^2 = 360 \text{ Mpa}$

$$\phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times 5760 \times 3600$$

$$= 20901888 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n \geq Mu$$

$$20901888 \text{ kgcm} \geq 825366131,8 \text{ kgcm} \dots\dots \text{OK!!!}$$

▪ Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M_{total}}{\phi \cdot S_x}$$

$$= \frac{825160,088}{0,9 \cdot 2300}$$

$$= 398,628 \text{ kg m} < \sigma = 3600 \text{ kg/m} \dots \dots \text{OK}$$

▪ Kontrol Lendutan

$$M_{tot} = \frac{1}{8} \times q_u \times l^2$$

$$15258884,8 = \frac{1}{8} \times q_u \times 900^2$$

$$q_u = 150,705 \text{ kg/cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (L = 9,0 \text{ m} = 900 \text{ cm})$$

$$= \frac{1}{240} \cdot 900$$

$$= 3,750 \text{ cm}$$

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Q_u \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad (\text{Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit Nova : 68})$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{150,705 \cdot 900^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 201000}$$

$$= 3,050 \text{ cm} < 3,750 \text{ cm}$$

Untuk perencanaan gelagar melintang tepi, perencanaanya sama seperti gelagar melintang tengah dan didapatkan profil WF 33x200.

3.10. Perencanaan Gelagar Induk

Untuk perhitungan gelagar induk direncanakan menggunakan profil baja WF dan untuk ikatan angin menggunakan profil baja siku

➤ Perhitungan Pembebanan

a. Beban mati

1. Berat sendiri gelagar induk (G_1) ; faktor beban = 1,1

Didalam menghitung berat sendiri gelagar induk penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 → self weight).

2. Berat sendiri gelagar memanjang (G_2) ; faktor beban = 1,1

$$\begin{aligned} G_2^u &= (n \times G_2 \times L) \\ &= (7 \times 94 \times 60) \\ &= 39480 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Berat sendiri gelagar melintang (G_3) ; faktor beban = 1,1

$$\begin{aligned} G_3^u &= (n \times G_2 \times L) \\ &= (16 \times 185 \times 9) \\ &= 26640 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Berat lantai kendaraan (G_4) ; faktor beban = 1,3

$$\begin{aligned} G_4^u &= (q \times a \times L) \\ &= (760 \times 7 \times 60) \\ &= 319200 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Berat lantai trotoir (G_5) ; faktor beban = 1,3

$$\begin{aligned} G_5^u &= 2. (q \times a \times L) \\ &= 2. (1476 \times 1,0 \times 60) \\ &= 177120 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Berat sendiri pipa sandaran, $D = 76,3 \text{ mm}$, $t = 2,8 \text{ mm}$ (G_6)

$$\begin{aligned} G_6^u &= 2. (q \times n \times L) \\ &= 2. (5,08 \times 2 \times 60) \\ &= 1219,200 \text{ kg} \end{aligned}$$

7. Berat sendiri ikatan angin (G_6); faktor beban 1,2

Didalam menghitung berat sendiri ikatan angin penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 \rightarrow self weight).

- Total beban mati yang bekerja

$$\begin{aligned} G_{\text{total}}^u &= G_2^u + G_4^u + G_5^u + G_6^u \\ &= 39480 + 319200 + 177120 + 1219,200 \\ &= 537019,200 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk

$$\begin{aligned} G &= \frac{G_{\text{total}}^u}{2} \\ &= \frac{537019,200}{2} = 268509,600 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned} P_{\text{tengah}} &= \frac{G}{15} \\ &= \frac{268509,600}{15} = 17900,640 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{17900,640}{2} = 8950,320 \text{ kg}$$

b. Beban Hidup

1. Koefisien kejut

Diketahui panjang bentang jembatan 60,0 m

Dari gambar 2.8 hal. 2-29 buku BMS bag 2, didapat nilai koefisien kejut (DLA) sebesar $37\% = 0,37$

$$k = 1 + \text{DLA}$$

$$= 1 + 0,37 = 1,37$$

2. Beban terbagi rata

Berdasarkan buku BMS bag 2 hal. 2 – 22, untuk jembatan dengan panjang $L = 60,0 \text{ m} > 30 \text{ m}$, maka :

$$q = 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

$$= 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kPa}$$

$$= 6 \text{ kPa} = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$q_1 = \frac{q}{2,75} \times 5,5 \times 100\%$$

$$= \frac{600}{2,75} \times 5,5 \times 100\%$$

$$= 1200 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = \frac{q}{2,75} \times 2 \times 0,75 \times 50\%$$

$$= \frac{600}{2,75} \times 2 \times 0,75 \times 50\%$$

$$= 163,636 \text{ kg/m}$$

- Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$\begin{aligned} G &= \frac{q_{total} \times L}{2} \\ &= \frac{(1200 + 163,636)}{2} \times 60,0 \\ &= 40909,080 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned} P_{tengah} &= \frac{G}{n} \\ &= \frac{40909,080}{15} \\ &= 2727,272 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$\begin{aligned} P_{tepi} &= \frac{P}{2} \\ &= \frac{2727,272}{2} \\ &= 1363,636 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Beban garis

Berdasarkan buku BMS bag 2 hal. 2 – 22, beban garis diambil sebesar $P = 44 \text{ kN/m} = 4400 \text{ kg/m}$, dengan lebar lantai kendaraan 7 m dibagi menjadi 2 jalur.

$$P = \frac{4400}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times k$$

$$= \frac{4400}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times 1,37$$

$$= 12056 \text{ kg}$$

$$P = \frac{4400}{2,75} \times (2 \times 0,75) \times 50\% \times k$$

$$= \frac{4400}{2,75} \times (2 \times 0,75) \times 50\% \times 1,37$$

$$= 1644 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$= \frac{12056 + 1644}{2}$$

$$= 6850 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul

$$P = 6850 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$P_{\text{tengah}} = 2727,272 + 6850$$

$$= 9577,272 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = 1363,636 + 6850$$

$$= 8213,636 \text{ kg}$$

c. Beban Hidup Trotoir

Berdasarkan buku BMS bag 2 hal. 2 – 31, beban hidup trotoir diambil sebesar

$P = 5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$, dengan lebar lantai trotoir 1,0 m.

$$P = 500 \times 1,0 \times 60,0 \times 2$$

$$= 60000 \text{ kg}$$

➤ Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$P = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{60000}{2}$$

$$= 30000 \text{ kg}$$

➤ Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$P_{\text{tengah}} = \frac{P}{n}$$

$$= \frac{30000}{15}$$

$$= 2000 \text{ kg}$$

➤ Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{2000}{2}$$

$$= 1000 \text{ kg}$$

d. Gaya Rem

Diketahui :

Panjang jembatan = 60,0 m

Berdasarkan gambar 2.9 buku BMS bag 2 hal. 2 – 31 didapatkan gaya rem sebesar $(G) = 250 \text{ kN} = 25000 \text{ kg}$

- Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{G}{2} \\
 &= \frac{25000}{2} \\
 &= 12500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

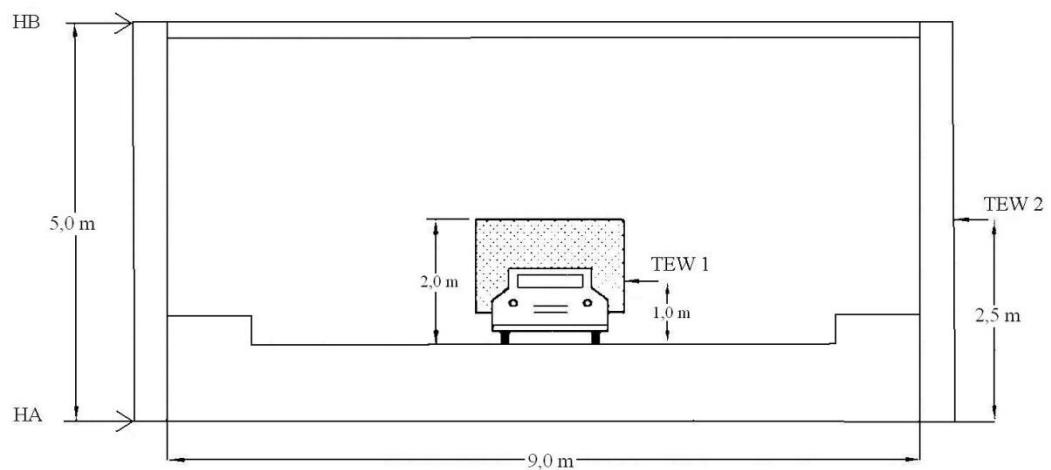
- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tengah}} &= \frac{P}{n} \\
 &= \frac{12500}{15} \\
 &= 833,333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tepi}} &= \frac{P}{2} \\
 &= \frac{833,333}{2} \\
 &= 416.667 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Beban Angin



$$\begin{aligned}
 T_{EW1} &= 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \\
 &= 0,0012 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \\
 &= 1,296 \text{ kN} = 129,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$T_{EW2} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b$$

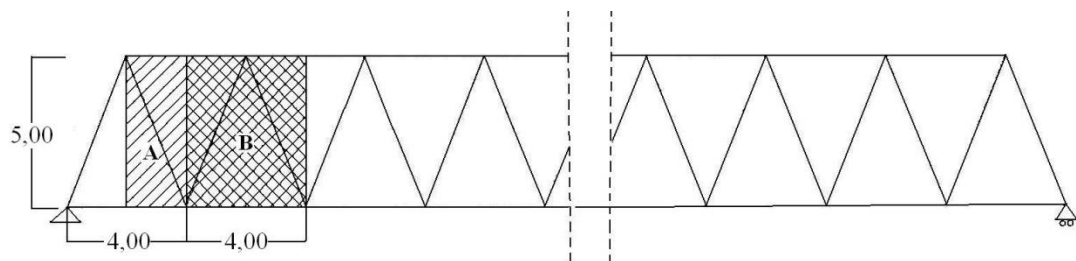
Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana (30 m/dt).

C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1,2$), BMS bag 2
1992, hal. 2 - 44

A_b = Luasan koefisien bagian samping jembatan (m^2)

▪ Perhitungan bagian samping jembatan



$$\begin{aligned}
 A_{bA} &= \frac{1}{2} \times 4,0 \times 5,0 \\
 &= 10,0 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{bB} &= 4,0 \times 5,0 \\
 &= 20,0 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Gaya Angin Pada Ikatan Angin Atas dan Bawah**

$$\begin{aligned}
 T_{EW1} &= 129,6 \text{ kg} \\
 T_{EW2} &= 0,0006 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 30\% \\
 &= 3,888 \text{ kN} = 388,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\sum M_{H_A} = 0$$

$$H_B \cdot 5 = T_{EW1} \cdot (0,05 + 0,25 + 1) + T_{EW2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 5$$

$$5 H_B = 129,6 \cdot (1,3) + 388,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5$$

$$= 1140,480$$

$$H_{B \text{ tengah}} = 228,096 \text{ kg}$$

$$H_{B \text{ tepi}} = \frac{228,096}{2}$$

$$= 114,048 \text{ kg}$$

$$H_B + H_A - T_{EW1} - T_{EW2} = 0$$

$$H_{A \text{ tengah}} = T_{EW1} + T_{EW2} - H_A$$

$$= 129,6 + 388,8 - 228,096$$

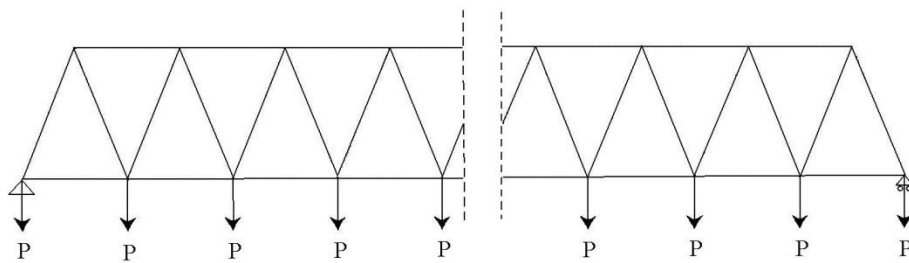
$$= 290,304 \text{ kg}$$

$$H_{A \text{ tepi}} = \frac{290,304}{2}$$

$$= 145,152 \text{ kg}$$

3.8 Statika

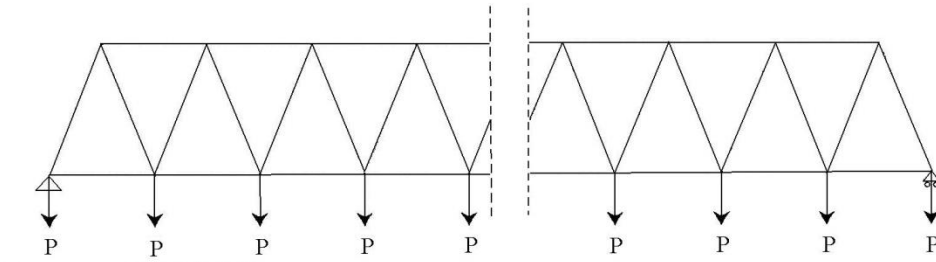
A. Skema pembebanan akibat beban mati



$$P_{\text{tepi}} = 8950,320 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 17900,640 \text{ kg}$$

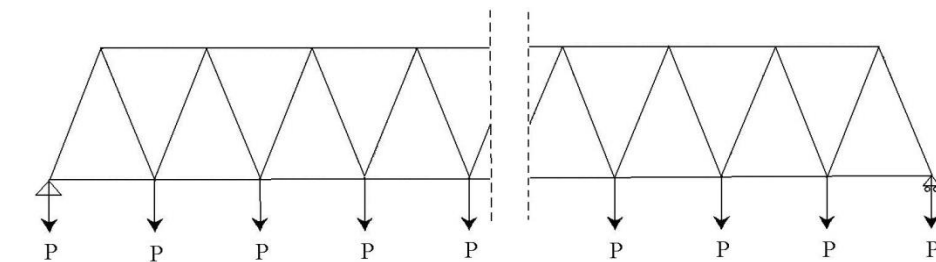
B. Skema pembebanan akibat beban hidup



$$P_{\text{tepi}} = 8213,636 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 9577,272 \text{ kg}$$

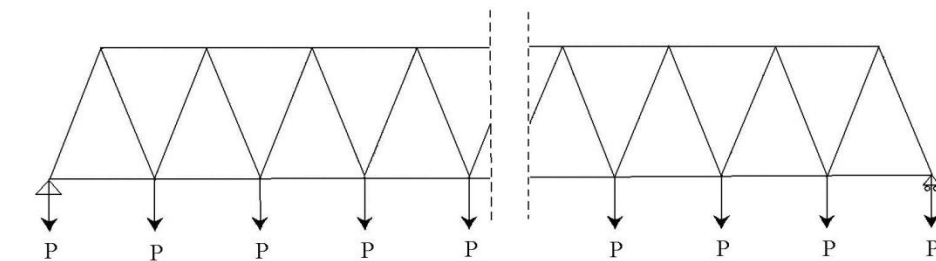
C. Skema pembebanan akibat beban trotoir



$$P_{\text{tepi}} = 1000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 2000 \text{ kg}$$

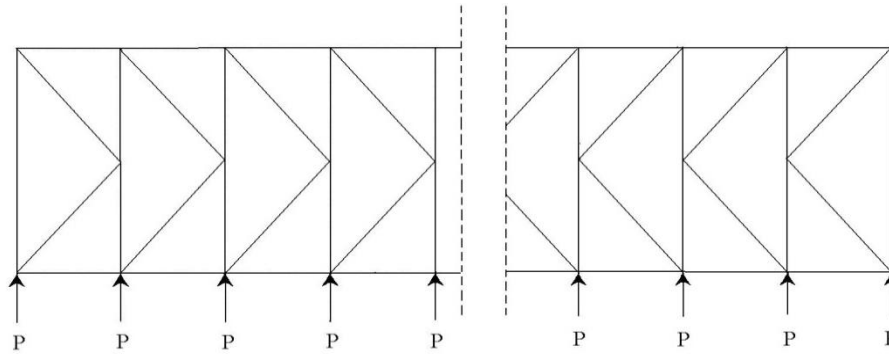
D. Skema pembebanan akibat beban rem



$$P_{\text{tepi}} = 416,667 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 833,333 \text{ kg}$$

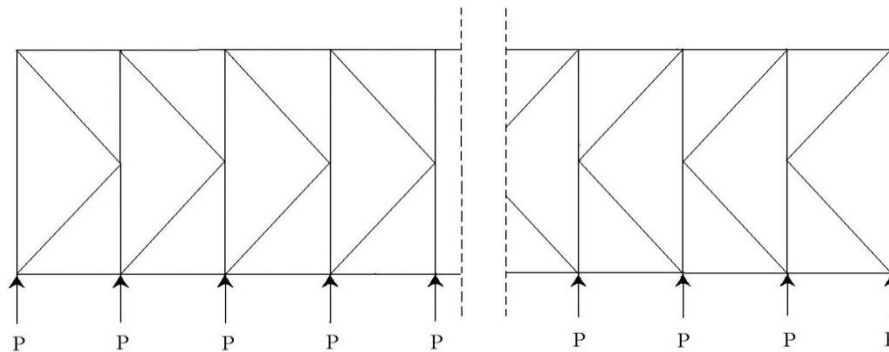
E. Skema pembebanan akibat beban angin atas



$$P_{\text{tepi}} = 145,152 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 290,304 \text{ kg}$$

F. Skema pembebanan akibat beban angin bawah



$$P_{\text{tepi}} = 114,048 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 228,096 \text{ kg}$$

Hasil perhitungan analisa STAAD PRO 2004 penulis melampirkan pada bagian akhir dari skripsi ini.

3.9 Perencanaan Dimensi Profil

A. Gelagar Induk

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 22)

Dimensi Batang Profil WF 400x400x45x70

Digunakan baja Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}$

$$G = 605 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 770,1 \text{ cm}^2$$

$$L = 4,00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$I_x = 298000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 94400 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1176897,50 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{298000}{770,1}} \\ &= 19,671 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{94400}{770,1}}$$

$$= 11,072 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

$$\frac{K.L}{r} = \text{rasio kerampingan efektif}$$

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 400 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}}$$

$$= \frac{1 \times 400}{11,072} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}}$$

$$= 0,595$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{0,595^2}) \cdot 3600$$

$$= 2806,283 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 2806,283 \cdot 770,1 \geq 1176897,50 \text{ kg}$$

$$1837016,075 \text{ kg} \geq 1176897,50 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (batang 8)**

Dimensi Batang Profil WF 400x400x45x70

Digunakan BJ-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}$

$$G = 605 \text{ kg/cm}$$

$$A_g = 770,1 \text{ cm}^2$$

$$L = 4,00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$I_x = 298000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 94400 \text{ cm}^4$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u =$

$$1197554,25 \text{ kg}$$

$$\text{Lebar lubang baut} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau = 400 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{400}{11,072} = 36,1272 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 770,1 - 4 \cdot (2,01 \cdot 7) \\ &= 713,820 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

a. Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 770,1 \\ &= 2495124 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5200 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 . A_n

$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 713,820)$

= 2366313,3 kg

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$\phi_t \cdot T_n = 2366313,3$ kg

Maka :

$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

2366313,3 kg > 1197554,25 kg (profil aman)

B. Gelagar Melintang Bawah

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 150)

Dimensi Batang Profil WF 700x300x13x24

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600$ kg/cm²

$G = 185$ kg/m

$A_g = 235,5$ cm²

$L = 9,00$ m = 900 cm

$I_x = 201000$ cm⁴

$I_y = 10800$ cm⁴

$W = 5760$ cm³

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1421,64 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{201000}{235,5}} \\ &= 29,215 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{10800}{235,5}} \\ &= 6,772 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal.338)

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 900 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 3600 kg/cm^2

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja $2,1 \times 10^6$

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 900}{6,772} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 1,7524\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\begin{aligned}\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{1,7524^2} \cdot 3600 \\ &= 1039,8235 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 1039,8235 \cdot 235,5 \geq 1421,64 \text{ kg}$$

$$208146,67 \text{ kg} \geq 1421,64 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- Kontrol tegangan

$$M = 10579,112 \text{ kgm}$$

$$= 1057911,2 \text{ kgcm}$$

$$\lambda_c = 1,7524 \quad \rightarrow \omega = 1$$

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A} + \frac{M}{W}$$

$$= 1 \cdot \frac{3250,76}{235,5} + \frac{1057911,2}{5760}$$

$$= 197,47 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ijin} = 3600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Batang 119)**

Dimensi Batang Profil WF 700x300x13x24

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$G = 185 \text{ kg/m}$

$A_g = 235,5 \text{ cm}^2$

$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$

$I_x = 201000 \text{ cm}^4$

$I_y = 10800 \text{ cm}^4$

$t_f = 70 \text{ mm} = 7 \text{ cm}$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial sebesar $P_u = 0,00 \text{ kg}$

Lebar lubang baut = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.92})$$

Dimana :

$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 900 \text{ cm}$

$r = \text{radius girasi terkecil}$

$$\frac{L}{r} = \frac{900}{6,722} = 132,9 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 6 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 235,5 - 6 \cdot (2,01 \cdot 2,4) \\ &= 206,556 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.95})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 770,1 \\ &= 2495124 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.95})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas retakan} \end{aligned}$$

$$F_u = \text{tegangan tarik baja} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_e = \text{luas efektif penampang} = 0,85 \cdot A_n$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 206,556)$$

$$= 684733,14 \text{ kg}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 684733,14$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$684733,140 \text{ kg} > 0,00 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

C. Gelagar Melintang atas

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 173)

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 31,5 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2$$

$$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1085,89 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{1640}{40,14}} \\ &= 6,392 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{563}{40,14}} \\ &= 3,745 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.338})$$

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 900 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 900}{3,745} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 3,169\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\begin{aligned}\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{3,169^2} \cdot 3600 \\ &= 317,967 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 317,967 \cdot 40,14 \geq 1085,89 \text{ kg}$$

$$10848,716 \text{ kg} \geq 1085,89 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Batang 143)**

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 31,5 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2$$

$$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial sebesar $P_u = 13755,88 \text{ kg}$

Lebar lubang baut $= 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal.92)

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau $= 900 \text{ cm}$

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{900}{3,745} = 240,320 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 2 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 40,14 - 2 \cdot (2,01 \cdot 0,7) \\ &= 37,326 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- a. Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

$= 0,9$ untuk keadaan batas leleh

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\phi_t \cdot T_n = 0,9 \cdot 3600 \cdot 40,14$$

$$= 130053,600 \text{ kg}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5200 kg/cm^2

A_e = luas efektif penampang = $0,85 \cdot A_n$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 37,326)$$

$$= 123735,690 \text{ kg}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 123735,690 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$123735,690 \text{ kg} > 13755,88 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

D. Ikatan Angin Dengan Profil WF 200x200x8x11

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 219)

Dimensi Batang Profil WF 200x200x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 45,73 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 58,24 \text{ cm}^2$$

$$L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$$

$$I_x = 4309,73 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1467,43 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 28463,20 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{4309,73}{58,24}} \\ &= 8,601 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{1467,43}{58,24}} \\ &= 5,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 602,1 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \\ &= \frac{1 \times 602,1}{5,02} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 1,58\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y$$

$$\begin{aligned}F_{cr} &= \frac{0,887}{1,58^2} \cdot 3600 \\ &= 1279,12 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 1279,12 \cdot 58,24 \geq 28463,20 \text{ kg}$$

$$63321,56 \text{ kg} \geq 28463,20 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

E. Ikatan Angin Dengan Profil L11011010

➤ Kekuatan Tekan Batang (Batang 177)

Dimensi Batang Profil L11011010

$$G = 16,6 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 21,2 \text{ cm}^2$$

$$L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$$

$$I_x = 239 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 239 \text{ cm}^4$$

Tebal plat siku, $d = 10 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}$

Panjang bentang, $L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$

Syarat kekuatan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial tekan terbesar $P_u =$

$$1747,01 \text{ kg}$$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{239}{21,2}} \\ &= 3,35 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar untuk baut} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$$

- Rasio kerampingan (λ_c)

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 602,1}{3,35} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 2,37\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis batang (F_{cr})

$$\begin{aligned}\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{2,37^2} \cdot 3600 \\ &= 568,499 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 568,499 \cdot 21,2 \geq 1747,01 \text{ kg}$$

$$10253,2 \text{ kg} \geq 1747,01 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Kekuatan tarik batang (Batang 178)**

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial batang tarik terbesar

adalah $P_u = 1926,66 \text{ kg}$

Lebar untuk lubang baut = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Luas bersih penampang

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - 2 \times (\text{lebar untuk lubang baut} \times \text{tebal flens}) \\ &= 21,2 - 2 \times (2,01 \times 1) \\ &= 17,18 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

- Luas efektif penampang

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 0,85 \times 17,18 \\ &= 14,603 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92})$$

$$\frac{L}{r} = \frac{602,1}{3,35}$$

$$= 179,73 < 300 \quad \text{OK!!!}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- a. Retakan pada penampang bersih :

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \cdot 5200 \cdot 14,603 \\ &= 56951,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b. Pelelehan pada penampang bruto :

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 21,2 \\ &= 68688 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari dua criteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 57951,7 \text{ kg}$$

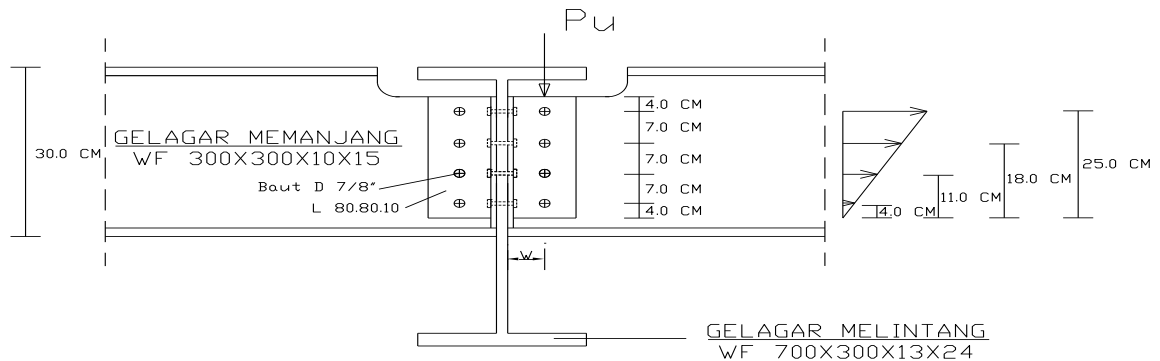
Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$56951,7 \text{ kg} \geq 1926,66 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

3.10 Perencanaan Sambungan

3.10.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



Gambar 3.10 Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$.

kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ ($1 \text{ ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$).

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar memanjang adalah :

$$V_u = 52488 \text{ kg}$$

- Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2 \\ &= 3,87 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Diameter lubang baut = $2,22 + 0,1 = 2,31 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi baut} &= 1,5(2,22) - 3(2,22) \\ &= 3,33 - 6,66 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3(2,22) - 7(2,22) \\ &= 6,66 - 15,54 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Sambungan irisan tunggal (pada gelagar melintang)

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\ &= 22514,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,87 \\ &= 15609,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini

ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1,3 cm.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5200) \\ &= 27012,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4)) \\ &= 183081,6 \text{ kg} > T_u = 52488 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 52488 \cdot 4,5 \\ &= 236196 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 7 \text{ cm}$

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.236196}{15609,94 \cdot 7}}$$

$$= 3,60 \approx 4 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$= \frac{52488 / 4}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$= 0,84 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 80.80.10 dengan tebal 1,00 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$R_{ut} < \phi \cdot R_n$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{ut} = \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2}$$

$$= \frac{236196 \cdot 25}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)}$$

$$= 5437,29 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22514,33 \text{ kg}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$R_{u_t} = \frac{P_u}{n}$$

$$= \frac{52488}{4}$$

$$= 13122 < \phi \cdot R_n = 15609,94 \text{ kg}$$

- Sambungan irisan ganda (pada gelagar memanjang)

- Kekuatan tarik desain (LRFD, hal : 100) :

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87$$

$$= 22514,33 \text{ kg}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$.

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,87$$

$$= 31219,87 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu 1,0 cm (Salmon : 134).

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,0 \cdot 5200) \\ &= 27012,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,0 \cdot (30 - 2 \cdot 1,5)) \\ &= 58320 \text{ kg} > T_u = 52488 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 52488 \cdot 4,5 \\ &= 236199 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

dimana : M_u = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 5 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}n &= \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \cdot 236096}{22514,33 \cdot 7}} \\ &= 2,998 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\
 &= \frac{52488 / 4}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
 &= 0,84 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 80.80.10 dengan tebal 1,0 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$Ru_t < \phi \cdot Rn$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

$\phi \cdot Rn$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

Ru_t = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 Ru_t &= \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{236096 \cdot 25}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)} \\
 &= 5434,99 \text{ kg} < \phi \cdot Rn = 22514,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

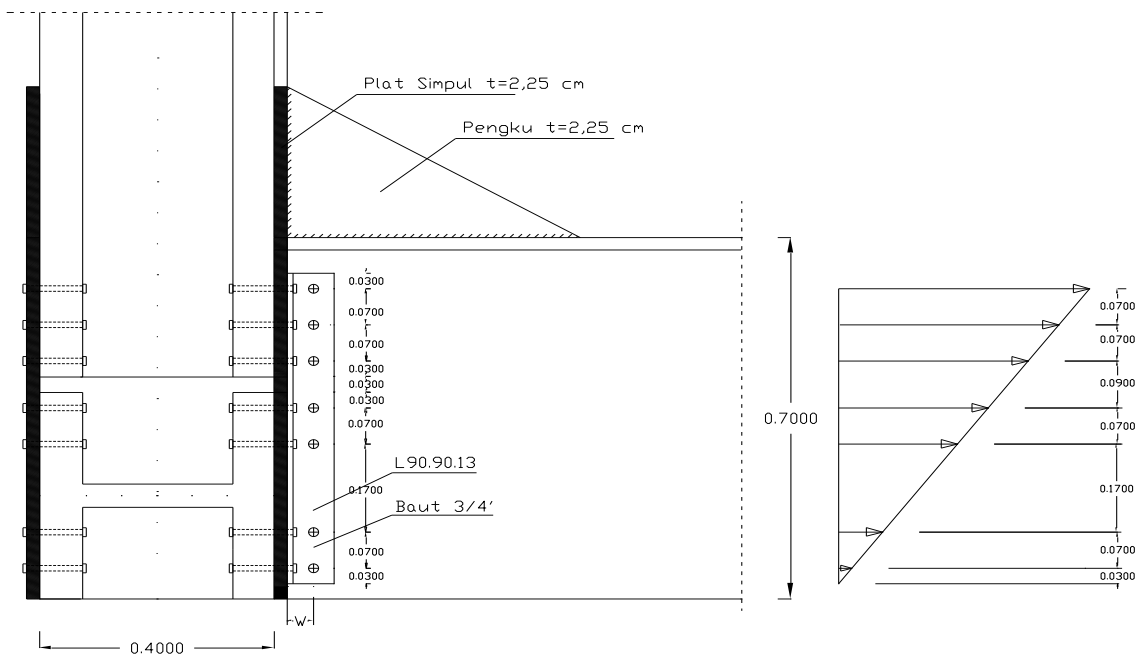
$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$R_{u_t} = \frac{P_u}{n}$$

$$= \frac{52488}{4}$$

$$= 13122 < \phi \cdot R_n = 31219,87 \text{ kg}$$

3.10.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk



Gambar 3.11 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$.

kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$. ($1 \text{ ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$)

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman

Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau

lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar melintang adalah :

$$V_u = 164773,44 \text{ kg}$$

- Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2 \\ &= 3,87 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Sambungan irisan tunggal (pada gelagar induk)

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\ &= 22514,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,87 \\ &= 15609,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan sayap gelagar induk yaitu 7,0 cm.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 7,0 \cdot 5200) \\ &= 145454,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

▪ Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (7,0 \cdot 40) \\ &= 604800 \text{ kg} > T_u = 164773,44 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas sayap gelagar yang bersangkutan.

▪ Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 164773,44 \cdot 5,0 \\ &= 823867,2 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

▪ Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 7 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6.823867,2}{15609,94.7}} \\
 &= 6,73 \approx 7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P}{\phi.Fu.L} \\
 &= \frac{164773,44}{0,75.5200.4} \\
 &= 1,51 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 90.90.16 dengan tebal = 1,6 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$Ru_t < \phi . Rn$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

$\phi . Rn$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

Ru_t = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 Ru_t &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{823867,2 .58}{(4^2 + 11^2 + 28^2 + 35^2 + 44^2 + 51^2 + 58^2)} \\
 &= 4756,08 \text{ kg} < \phi . Rn = 22514,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$R_{u_t} = \frac{P_u}{n}$$

$$= \frac{164773,44}{7}$$

$$= 14967,63 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 15609,94 \text{ kg}$$

- Sambungan irisan ganda (pada gelagar melintang)

- Kekuatan tarik desain :

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87$$

$$= 22514,33 \text{ kg}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$.

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,87$$

$$= 31219,87 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1,3 cm (Salmon : 134).

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5200)$$

$$= 27012,96 \text{ kg}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan nominal :

$$T_n = 0,60 \cdot F_y \cdot A_g$$

$$= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4))$$

$$= 183081,6 \text{ kg} > T_u = 164773,44 \text{ kg}$$

A_g adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$M_u = P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan})$$

$$= 164773,44 \cdot 5,0$$

$$= 823867,2 \text{ kgcm}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 7 \text{ cm}$

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \cdot 823867,2}{22514,33 \cdot 7}}$$

$$= 5,60 \approx 7 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\
 &= \frac{164773,44}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
 &= 1,51 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 90.90.13 dengan tebal 1,6 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$R_{ut} < \phi \cdot R_n$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 R_{ut} &= \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{823867,2 \cdot 58}{(4^2 + 11^2 + 28^2 + 35^2 + 44^2 + 51^2 + 58^2)} \\
 &= 4756,08 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 16638,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

Syarat :

$R_{uv} < \phi \cdot R_n$

$$R_{uv} = \frac{Pu}{n}$$

$$= \frac{164773,44}{7}$$

$$= 23539,06 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 31219,87 \text{ kg}$$

3.10.3 Sambungan Batang Gelagar Induk WF400x400x45x70

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = 3/4 \text{ inch} = 19,1 \text{ mm}$. Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

➤ Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,91^2 \\ &= 2,864 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 2,864 \\ &= 11551,185 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

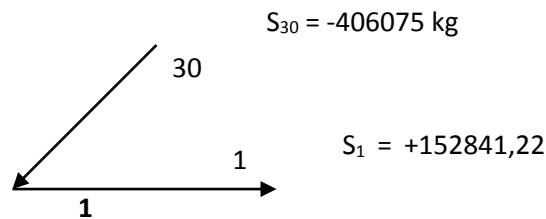
Tebal plat simpul = 2,25 cm.

Diameter lubang = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) & (\phi = 0,75 ; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,01 \cdot 2,25 \cdot 5200) \\
 &= 42330,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan kebutuhan baut**

✓ **Joint 1**



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S1} = \frac{152841,22}{11551,185} = 13,23 \approx \text{dipasang 16 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &\geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \\
 &\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
 &\geq 0,612 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{152841,22}{0,75.5200.2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,04 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{s30} = \frac{406075,03}{11551,185} = 35,15 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\ &= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}\end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\
 &\geq \frac{406075,03}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
 &\geq 0,723 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

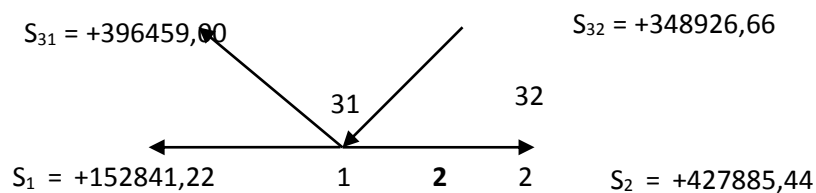
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2} \\
 &\geq \frac{406075,03}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\
 &\geq 2,24 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$\begin{aligned}
 &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\
 &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

✓ Joint 2



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S1} = \frac{152841,22}{11551,185} = 13,23 \approx \text{dipasang 20 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,49 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fut} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 1,826 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{s2} = \frac{427885,44}{11551,185} = 37,04 \approx \text{dipasang 40 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\text{Syarat jarak ujung} = 1,5d - 3d$$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{427885,44 / 40}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$\geq 0,686 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2}$$

$$\geq \frac{427885,44 / 40}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 2,174 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat jarak antar baut : } L = 3d - 7d$$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S31} = \frac{396459,00}{11551,185} = 34,31 \approx \text{dipasang 36 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{396459,00 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$\geq 0,706 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2}$$

$$\geq \frac{396459,00 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 2,21 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S32} = \frac{348926,66}{11551,185} = 30,21 \approx \text{dipasang 36 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\text{Syarat jarak ujung} = 1,5d - 3d$$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{348926,66 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$\geq 0,621 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2}$$

$$\geq \frac{348926,66 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 2,06 \text{ cm}$$

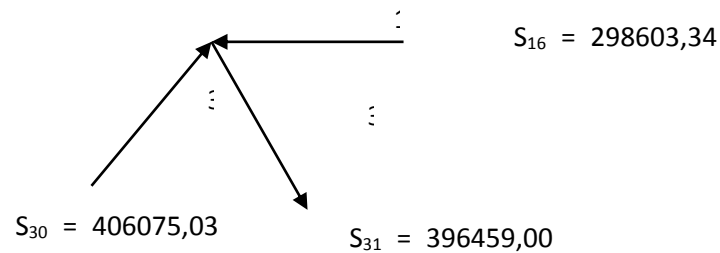
$$\text{Syarat jarak antar baut : } L = 3d - 7d$$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

✓ **Joint 17**



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S30} = \frac{406075,03}{11551,185} = 35,15 \approx \text{dipasang 36 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{406075,03 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,723 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2}$$

$$\geq \frac{406075,03 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 2,24 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S31} = \frac{396459,00}{11551,185} = 34,32 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$\geq \frac{396459,00 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$\geq 0,706 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{396459,00}{0,75.5200.2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,21 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S16} = \frac{298603,34}{11551,185} = 25,85 \approx \text{dipasang 32 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\ &= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}\end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}t &\geq \frac{298603,34}{0,75.5200.4} \\ &\geq 0,598 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{298603,34}{0,75.5200.2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,018 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

3.10.4 Sambungan Batang Ikatan Angin

A. Ikatan Angin Yang Menggunakan W200x200x8x12

➤ Perhitungan Kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = \frac{1}{2} \text{ inch} = 1,27 \text{ cm}$.

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$ (CG. Salmon, JE.

Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra,

Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

❖ Luas Baut :

$$\begin{aligned}A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \\ &= 1,266 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

❖ Kekuatan geser desain

Merupakan sambungan irisan tunggal sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 1,266 \\ &= 5106,506 \text{ kg}\end{aligned}$$

❖ Kekuatan tumpu desain :

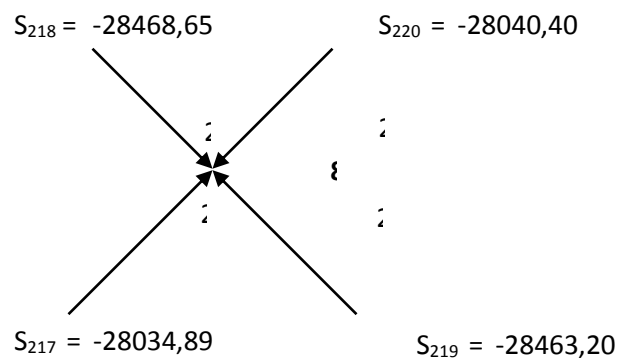
Tebal plat simpul = 1,00 cm

Diameter lubang = $1,27 + 0,1 = 1,37$ cm

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (\phi = 0,75; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 1,37 \cdot 1,00 \cdot 5200) \\ &= 12823,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Kekuatan Baut**

✓ **Joint 83**



▪ Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S217} = \frac{28034,89}{5106,506} = 5,49 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28034,89}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3} \cdot \frac{6}{6}$$

$$\geq 0,40 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fut} + \frac{db}{2} \\ &\geq \frac{28034,89}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2} \\ &\geq 1,833 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S218} = \frac{28468,65}{5106,506} = 5,575 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28468,65 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,406 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fut} + \frac{db}{2} \\ &\geq \frac{28468,65 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2} \\ &\geq 1,85 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S219} = \frac{28463,20}{5106,506} = 5,57 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28463,20 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,405 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fut} + \frac{db}{2} \\ &\geq \frac{28463,20 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2} \\ &\geq 1,85 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S220} = \frac{28040,40}{5106,506} = 5,49 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28040,40 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,40 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fut} + \frac{db}{2} \\ &\geq \frac{28040,40 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2} \\ &\geq 1,83 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

B. Ikatan Angin Yang Menggunakan L11011010

➤ Perhitungan Kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = \frac{1}{2} \text{ inch} = 1,27 \text{ cm}$.

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$ (CG. Salmon, JE.

Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra,

Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

❖ Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \\ &= 1,266 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

❖ Kekuatan geser desain

Merupakan sambungan irisan tunggal sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 1,266 \\ &= 5106,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ Kekuatan tumpu desain :

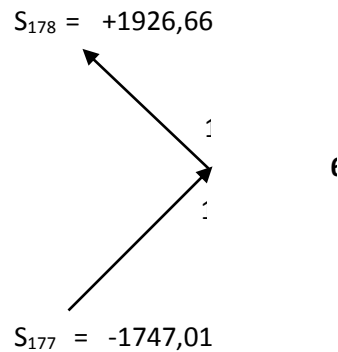
Tebal plat simpul = 1,00 cm

Diameter lubang = $1,27 + 0,1 = 1,37 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) & (\phi = 0,75; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 1,37 \cdot 1,00 \cdot 5200) \\ &= 12823,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Kekuatan Baut**

✓ **Joint 63**



- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S177} = \frac{1747,01}{5106,506} = 0,342 \approx 2 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{1747,01 / 2}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,075 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{db}{2} \\
 &\geq \frac{1747,01}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2} \\
 &\geq 0,859 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\
 &= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7 \\
 &= 38,1 - 88,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 7 \text{ cm}$

- **Kontrol Plat Simpul**

- ✓ **Gelagar Induk W400x400x45x70**

A. Simpul 1

Diameter baut yang digunakan, $d = \frac{3}{4} \text{ inch} = 1,91 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

Kekuatan tarik putus plat Bj 52, $F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $d = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Batang no. 1

$$\begin{aligned}
 P_{+1} &= \frac{152841,22}{2} \\
 &= 76420,61 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_1 \cdot \cos 80^\circ = 76420,61 \cdot \cos 80^\circ$$

$$D_1 = 13270,30 \text{ kg}$$

$$P_1 \cdot \sin 80^\circ = 76420,61 \cdot \sin 80^\circ$$

$$N_1 = 75259,61 \text{ kg}$$

- Batang no. 30

$$P_{-30} = \frac{406075,03}{2}$$

$$= 203037,515 \text{ kg}$$

$$P_{30} \cdot \cos 80^0 = 203037,515 \cos 37^0$$

$$D_{30} = 162152,97 \text{ kg}$$

$$P_{30} \cdot \sin 80^0 = 203037,515 \cdot \sin 37^0$$

$$N_{30} = 122191,03 \text{ kg}$$

$$N_{\text{Total}} = 75259,61 - 122191,03$$

$$= -46931,42 \text{ kg (tekan)}$$

$$D_{\text{Total}} = 13270,30 + 162152,97$$

$$= 175423,27 \text{ kg}$$

- Kontrol kekuatan terhadap gaya tekan

$$\phi P_n \geq P_u \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342})$$

$$\phi P_n = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_u = 46931,42 \text{ kg}$$

$$F_{cr} = k \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b/t)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur}$$

Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1,
1992 : 342)

Dimana : E = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

k = koefisien jenis tumpuan, sendi – sendi = 1

μ = rasio poison = 0,3

b/t = rasio lebar/tebal

$\phi = 0,75$ untuk desain tekan

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot (104 / 2,25)^2}$$

$$= 888,372 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = (104 \times 2,25)$$

$$= 234 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 888,372 \cdot 234$$

$$= 155909,286 \text{ kg}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$155909,286 > 46931,42 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w$$

$$A_w = (b - n \cdot d) \cdot t$$

$$= 0,6 \times 3600 \times (104 - 6 \cdot 2,01) \cdot 2,25$$

$$= 446828,4 \text{ kg}$$

$$V_u = 175423,27 \text{ kg} = D_{\text{Total}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$175423,27 \text{ kg} < 0,9 \cdot 446828,4 \text{ kg}$$

$$175423,27 \text{ kg} < 402145,56 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

B. Simpulan 2

Diameter baut yang digunakan, $D = \frac{3}{4} \text{ inch} = 1,91 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tarik putus Bj 52, $F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $\frac{3}{4} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned}A_g &= t \times b \\&= 2,25 \times 158,3 \\&= 356,175 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dimana : t = tebal plat simpul = 2,25 cm

- Luas bersih pelat :

$$\begin{aligned}A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\&= (158,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\&= 319,995 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

• Batang no. 2

$$\begin{aligned}P_{+2} &= \frac{427885,44}{2} \\&= 213942,72 \text{ kg} \\P_2 \cdot \cos 63^0 &= 213942,72 \cdot \cos 63^0 \\D_2 &= 97127,96 \text{ kg} \\P_2 \cdot \sin 63^0 &= 213942,72 \cdot \sin 63^0 \\N_2 &= 190624,36 \text{ kg}\end{aligned}$$

• Batang no. 32

$$\begin{aligned}P_{-32} &= \frac{348926,66}{2} \\&= 174463,33 \text{ kg} \\P_{32} \cdot \cos 53^0 &= 174463,33 \cdot \cos 53^0 \\D_{32} &= 104994,653 \text{ kg} \\P_{32} \cdot \sin 53^0 &= 174463,33 \cdot \sin 53^0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_{32} &= 139332,61 \text{ kg} \\
N_{\text{Total}} &= 190624,36 - 139332,61 \\
&= 51291,75 \text{ kg (tarik)} \\
D_{\text{Total}} &= 97127,96 + 104994,653 \\
&= 202122,613 \text{ kg}
\end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya tarik

- Kekuatan nominal plat terhadap pelelehan penampang bruto :

$$\begin{aligned}
\phi R_n &= \phi \cdot F_y \cdot A_g \\
&= 0,90 \cdot 3600 \cdot 356,175 \\
&= 1154007 \text{ kg}
\end{aligned}$$

- Kekuatan nominal plat terhadap retakan penampang bersih :

$$\begin{aligned}
\phi T_n &= \phi \cdot F_u \cdot A_e \\
&= 0,75 \cdot 5200 \cdot 319,995 \\
&= 1247980,5 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Dari hasil diatas diambil nilai terkecil yaitu $\phi R_n = 1154007 \text{ kg}$.

$$\phi R_n > T_u = N$$

$$1154007 \text{ kg} > 51291,75 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya geser

$$\begin{aligned}
V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w & A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\
&= 0,6 \times 3600 \times (158,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\
&= 691189,2 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$V_u = 202122,613 \text{ kg} = D_{\text{Total}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$202122,613 \text{ kg} < 0,9 \cdot 691189,2 \text{ kg}$$

$$202122,613 \text{ kg} < 622070,28 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

C. Simpul 17

Diameter baut yang digunakan, $d = \frac{3}{4} \text{ inch} = 1,91 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

Kekuatan tarik putus plat, $F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $= 1,91 + 0,1$

$$= 2,01 \text{ cm}$$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 2,25 \times 140,3$$

$$= 315,675 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t = \text{tebal plat simpul} = 2,25 \text{ cm}$

- Luas bersih pelat :

$$A_w = (b - n \cdot d) \cdot t$$

$$= (140,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25$$

$$= 279,495 \text{ cm}^2$$

▪ Batang no. 16

$$P_{-16} = \frac{298603,34}{2}$$

$$= 149301,67 \text{ kg (sudut } 0^0)$$

$$N_{16} = 149301,67 \text{ kg}$$

▪ Batang no. 16

$$P_{+31} = \frac{396459,00}{2}$$

$$=198229,5 \text{ kg}$$

$$P_{31} \cdot \cos 64^0 = 198229,5 \cdot \cos 64^0$$

$$N_{31} = 86898,09 \text{ kg}$$

$$P_{31} \cdot \sin 64^0 = 198229,5 \cdot \sin 64^0$$

$$D_{31} = 178167,49 \text{ kg}$$

$$N_{\text{Total}} = 149301,67 - 86898,09$$

$$= 62403,58 \text{ kg (tekan)}$$

$$D_{\text{Total}} = 178167,49 \text{ kg}$$

➤ Kekuatan terhadap gaya tekan

$\phi P_n \geq P_u$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku,

Jilid 1, 1992 : 342)

$$\phi P_n = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_u = 62403,58 \text{ kg} = N$$

$$F_{cr} = k \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b/t)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja}$$

Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 383)

Dimana : E = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

k = koefisien jenis tumpuan, sendi – sendi = 1

μ = rasio poison = 0,3

b/t = rasio lebar/tebal

ϕ = 0,75 untuk desain tekan

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot (140,3 / 2,25)^2} \\ &= 490,236 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,75 \cdot 490,236 \cdot 315,675 \\ &= 116066,437 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$116066,437 \text{ kg} > 62403,58 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

➤ Kekuatan terhadap gaya geser

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 3600 \times (140,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2.25 \\ &= 603709,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u = 178167,49 \text{ kg} = D$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$178167,49 \text{ kg} < 0,9 \cdot 603709,2 \text{ kg}$$

$$178167,49 \text{ kg} < 543338,28 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

3.11 Perencanaan perletakan

A. Perletakan Sendi

1. Tebal Bantalan (S₁)

Direncanakan :

$$\begin{aligned}l &= L + 40 \\ &= 60 + 40 \\ &= 100 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$P_u = 406043,31 \text{ kg}$$

$$F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Bj 52, Buku Nova Hal. 211)}$$

$$S_1 = \frac{1}{2}x \sqrt{\frac{3.Pu.l}{b.\phi.fy}} \quad (\text{Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W,}$$

Ir. Prof., hal 249)

$$= \frac{1}{2}x \sqrt{\frac{3.406043,31.100}{50.0,90.3600}}$$

$$= 13,71 \approx 14\text{cm}$$

2. Tebal Bantalan (S₂)

$$Mu = \frac{1}{8}.Pu.l$$

$$= \frac{1}{8}.406043,31.100$$

$$= 5075541,375 \text{ kg cm}$$

$$W = \frac{Mu}{\phi.fy}$$

$$= \frac{5075541,375}{0,9.3600}$$

$$= 1566,53 \text{ cm}^3$$

Untuk harga S₂, S₃, S₄, dipakai tabel Muller Breslaw :

Tabel Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : 249

Diambil $\frac{h}{S_2} = 4; \frac{b}{a.S_2} = 4,2$

Dipakai jumlah rusuk (a) = 4 buah

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{h}{a.S_3} = 4,2$$

$$S_3 = \frac{b}{4,2.a} = \frac{50}{4,2 \times 4} = 2,976 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$W = 0,2251 . a . h^2 . S_3$$

$$= 0,2251 . 4 . h^2 . 3$$

$$W = 0,2701 . h^2$$

$$1566,53 \text{ cm}^3 = 0,2701 . h^2$$

$$h^2 = \frac{1566,53}{2,701} = 579,98$$

$$h = \sqrt{579,98} = 24,08 \approx 24,5 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4 \rightarrow S_2 = \frac{25}{4} = 6,25 \sim 6,5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{25}{6} = 4,17 \sim 5 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9} = \frac{25}{9} = 2,78 \approx 3 \text{ cm}$$

3. Garis Tengah Sumbu Sendi

$$\frac{1}{2}d_1 = \frac{0,8.P}{\phi.fy.L} \quad (\text{Struyk H., J, Ir., van der Veen K. H. C. W,}$$

Ir. Prof., hal 250)

$$= \frac{0,8.406043,31}{0,90.3600.100}$$

$$\frac{1}{2}d_1 = 1,003 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0,501 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$$

untuk d_1 minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4}xd_1$$

$$= \frac{1}{4}x7$$

$$= 1,75 \approx 2 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$

B. Perletakan Rol

- Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$l = L + 40$$

$$= 60 + 40$$

$$= 100 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$P_u = 406001,09 \text{ kg}$$

- Tebal bantalan :

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot Pu \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot fy}} \quad (\text{Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.}$$

Prof., hal 250)

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3.406001,09.100}{50.0,90.3600}}$$

$$= 13,71 \approx 14 \text{ cm}$$

- Diameter rol :

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot (\phi \cdot f_u)^2} \quad (\text{Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.}$$

Prof., hal 250)

$$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ tegangan putus untuk A529}$$

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{406001,09}{100 \cdot (0,9 \cdot 8500)^2}$$

$$= 52,03 \text{ cm} \approx 53 \text{ cm}$$

- Tebal bibir rol :

$$d_6 = \text{diambil sebesar } 2,5 \text{ cm}$$

- Tinggi total rol :

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6$$

$$= 53 + 2 \cdot 2,5$$






$$= 58 \text{ cm}$$

BAB IV

KEBUTUHAN BAHAN






4.1 Profil Baja

A. Gelagar Memanjang





 Profil yang digunakan	= 300 x 300 x 10 x 15
 Berat profil	= 94 kg/m
 Panjang bentang	= 60 m
 Jumlah batang	= 6 buah
 Berat gelagar memanjang	= 94 x 60 x 6
	= 33840 kg

B. Gelagar Melintang

1. Batang Bawah

 Profil yang digunakan	= 700 x 300 x 13 x 24
 Berat profil	= 185 kg/m
 Panjang bentang	= 9 m
 Jumlah batang	= 16 buah
 Berat gelagar melintang	= 185 x 9 x 16
	= 26640 kg

2. Batang Atas Tengah

 Profil yang digunakan	= 150 x 150 x 7 x 10
 Berat profil	= 31,52 kg/m
 Panjang bentang	= 9 m
 Jumlah batang	= 12 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat gelagar melintang} &= 31,52 \times 9 \times 12 \\ &= 3404,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Batang Atas Tepi

$$\begin{aligned} \text{Profil yang digunakan} &= 200 \times 200 \times 8 \times 11 \\ \text{Berat profil} &= 45,74 \text{ kg/m} \\ \text{Panjang bentang} &= 9 \text{ m} \\ \text{Jumlah batang} &= 3 \text{ buah} \\ \text{Berat gelagar melintang} &= 45,74 \times 9 \times 3 \\ &= 1234,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

C. Gelagar Induk






1. Batang Bawah

$$\begin{aligned} \text{Profil yang digunakan} &= 400 \times 400 \times 45 \times 70 \\ \text{Berat profil} &= 604,67 \text{ kg/m} \\ \text{Panjang bentang} &= 4 \text{ m} \\ \text{Jumlah batang} &= 30 \text{ buah} \\ \text{Berat gelagar induk} &= 604,67 \times 4 \times 30 \\ &= 72560,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Batang Atas






$$\begin{aligned} \text{Profil yang digunakan} &= 400 \times 400 \times 45 \times 70 \\ \text{Berat profil} &= 604,67 \text{ kg/m} \\ \text{Panjang bentang} &= 4 \text{ m} \\ \text{Jumlah batang} &= 28 \text{ buah} \\ \text{Berat gelagar induk} &= 604,67 \times 4 \times 28 \\ &= 67723,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Batang Diagonal






 Profil yang digunakan	= 400 x 400 45 x 70
 Berat profil	= 604,67 kg/m
 Panjang bentang	= 5,38 m
 Jumlah batang	= 60 buah
 Berat gelagar induk	= 604,67 x 5,385 x 60 = 195368,877 kg

D. Ikatan Angin

1. Batang Bawah

 Profil yang digunakan	= L11011010
 Berat profil	= 16,5 kg/m
 Panjang bentang	= 6,02 m
 Jumlah batang	= 28 buah
 Berat ikatan angin	= 16,5 x 6,02 x 28 = 2781,24 kg

2. Batang Atas

 Profil yang digunakan	= L11011010
 Berat profil	= 16,5 kg/m
 Panjang bentang	= 6,02 m
 Jumlah batang	= 24 buah
 Berat ikatan angin	= 16,5 x 6,02 x 24 = 2383,92 kg

3. Batang Atas Tengah

 Profil yang digunakan	= 200 x 200 x 8 x 11
---	----------------------

✚ Berat profil	= 45,74 kg/m
✚ Panjang bentang	= 6,02 m
✚ Jumlah batang	= 4 buah
✚ Berat ikatan angin	= 45,74 x 6,02 x 4
	= 1101,42 kg

E. Pipa Sandaran

✚ Diameter	= 76,3 mm
✚ Berat	= 5,08 kg/m
✚ Luas	= 6,465 m
✚ Tebal	= 2,8 mm
✚ Panjang	= 60 m
✚ Berat pipa	= 5,08 x 60 x 4
	= 1219,2 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kebutuhan bahan total} &= 33840 \text{ kg} + 26640 \text{ kg} + 3404,16 \text{ kg} + 1234,98 \\
 &\quad \text{kg} + 72560,4 \text{ kg} + 67723,04 \text{ kg} + 195368,877 \\
 &\quad \text{kg} + 2781,24 \text{ kg} + 2383,92 \text{ kg} + 1101,42 \text{ kg} + \\
 &\quad 1219,2 \text{ kg} \\
 &= 408257,237 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2 Kebutuhan Baut dan Plat Simpul

A. Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

✚ Ukuran baut yang digunakan	= 7/8 inch
✚ Jumlah titik simpul	= 95 buah
✚ Jumlah baut tiap simpul	= 4 x 4 buah

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} &= 4 \times 4 \times 95 \\ &= 1520 \text{ buah} \end{aligned}$$

B. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk (bagian bawah)

$$\begin{aligned} \text{Ukuran baut yang digunakan} &= 7/8 \text{ inch} \\ \text{Jumlah titik simpul} &= 32 \text{ buah} \\ \text{Jumlah baut tiap simpul} &= 3 \times 6 \text{ buah} \\ \text{Jumlah baut} &= 3 \times 6 \times 32 \\ &= 576 \text{ buah} \end{aligned}$$

C. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk (bagian atas)

$$\begin{aligned} \text{Ukuran baut yang digunakan} &= 1/2 \text{ inch} \\ \text{Jumlah titik simpul} &= 30 \text{ buah} \\ \text{Jumlah baut tiap simpul} &= 3 \times 2 \text{ buah} \\ \text{Jumlah baut} &= 3 \times 2 \times 30 \\ &= 180 \text{ buah} \end{aligned}$$

D. Sambungan Simpul Ikatan Angin Profil WF 200 x 200 x 8 x 11

$$\begin{aligned} \text{Ukuran baut yang digunakan} &= 1/2 \text{ inch} \\ \text{Jumlah baut} &= (8 \times 4 \text{ buah}) + 16 \text{ buah} \\ &= 48 \text{ buah} \end{aligned}$$

E. Sambungan Simpul Ikatan Angin Profil L11011010

$$\begin{aligned} \text{Ukuran baut yang digunakan} &= 1/2 \text{ inch} \\ \text{Jumlah baut} &= (104 \times 2 \text{ buah}) + (26 \times 12 \text{ buah}) \\ &= 520 \text{ buah} \end{aligned}$$

F. Sambungan Gelagar Induk

🔧 Ukuran baut yang digunakan = 3/4 inch

Tabel 4.1 Kebutuhan baut pada sambungan gelagar induk


Titik Simpul	Kebutuhan Baut (buah)			Kebutuhan Baut (buah)
	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Diagonal	
1		16	36	52
2		60	72	132
3		80	72	152
4		80	72	152
5		80	72	152
6		80	72	152
7		80	72	152
8		80	72	152
9		80	72	152
10		80	72	152
11		80	72	152
12		80	72	152
13		80	72	152
14		80	72	152
15		60	72	132
16		16	36	52
17	32		72	104
18	64		72	136

19	64		72	136
20	64		72	136
21	64		72	136
22	64		72	136
23	64		72	136
24	64		72	136
25	64		72	136
26	64		72	136
27	64		72	136
28	64		72	136
29	64		72	136
30	64		72	136
31	32		72	104
Total kebutuhan baut				4168


Jadi total kebutuhan baut :

 **Ukuran 1/2 inch** = **748 buah**

 **Ukuran 3/4 inch** = **4168 buah**

 **Ukuran 7/8 inch** = **2096 buah**

G. Kebutuhan Plat Simpul

 **Tebal plat 2,25 cm** = $10\% \times 335652,317$
= 33565,232 kg

 **Tebal plat 1,0 cm** = $10\% \times 30766,58$
= 3076,658 k

4.3 Kebutuhan Bahan Untuk Lantai Kendaraan dan Trotoir

4.3.1 Kebutuhan Besi Tulangan (Fy 260 Mpa)

1 Lonjor = 12 m

✚ Tulangan pokok D16 - 150 mm

$$\begin{aligned}\text{Panjang total tulangan} &= \left[\left(\frac{60,0}{0,15} \times 9,0 \right) + \left(\frac{9,0}{0,15} \times 60,0 \right) \right] \\ &= 7200 \text{ m} \\ \text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{7200}{12} \\ &= 600 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

✚ Tulangan bagi ϕ 10 – 200 mm

$$\begin{aligned}\text{Panjang total tulangan} &= \left[\left(\frac{60,0}{0,20} \times 9,0 \right) + \left(\frac{9,0}{0,20} \times 60,0 \right) \right] \\ &= 5400 \text{ m} \\ \text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{5400}{12} \\ &= 450 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

4.3.2 Kebutuhan Beton (f'c = 30 Mpa)

1. Lantai Kendaraan

$$\begin{aligned}\text{✚ Lebar lantai} &= 7,0 \text{ m} \\ \text{✚ Panjang lantai} &= 60,0 \text{ m} \\ \text{✚ Tebal lantai} &= 0,25 \text{ m} \\ \text{✚ Volume beton} &= 7,0 \times 60,0 \times 0,25 \\ &= 105 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Lantai Trotoir

$$\begin{aligned} \text{Lebar lantai} &= 2 \times 1,0 \text{ m} \\ &= 2,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang lantai} = 60,0 \text{ m}$$

$$\text{Tebal lantai} = 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume beton} &= 2,0 \times 60,0 \times 0,55 \\ &= 66 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi total kebutuhan beton} = 105 + 66$$

$$= 171 \text{ m}^3$$

BAB V

KESIMPULAN

Kesimpulan :

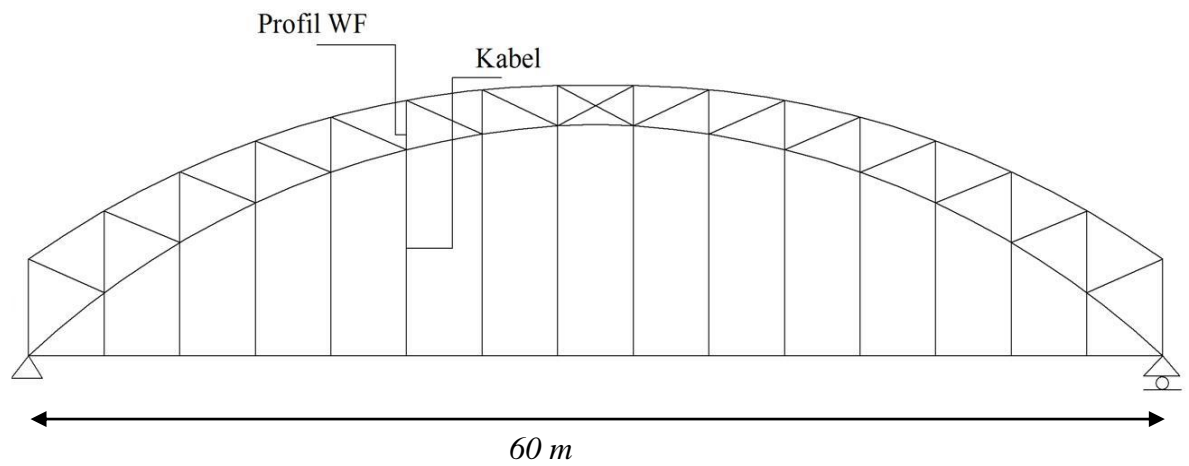
Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penyusun dapat mengambil beberapa kesimpulan :

- Pada perencanaan konstruksi jembatan busur lengkung berdasarkan data yang ada, konstruksi jembatan busur lengkung dapat direncanakan dengan menggunakan rangka baja.
- Dengan menggunakan rangka baja didapatkan berat konstruksi jembatan sebesar 399845,214 kg dan konstruksi jembatan dengan menggunakan beton konvensional beratnya sebesar 45257,427 kg. Hal ini menunjukkan bahwa konstruksi jembatan dengan menggunakan rangka baja memiliki berat sendiri lebih ringan dibandingkan jika menggunakan beton konvensional.
- Pada perencanaan konstruksi jembatan busur lengkung dengan menggunakan metode LRFD dihasilkan konstruksi jembatan yang lebih kuat di dalam menahan beban ultimit.

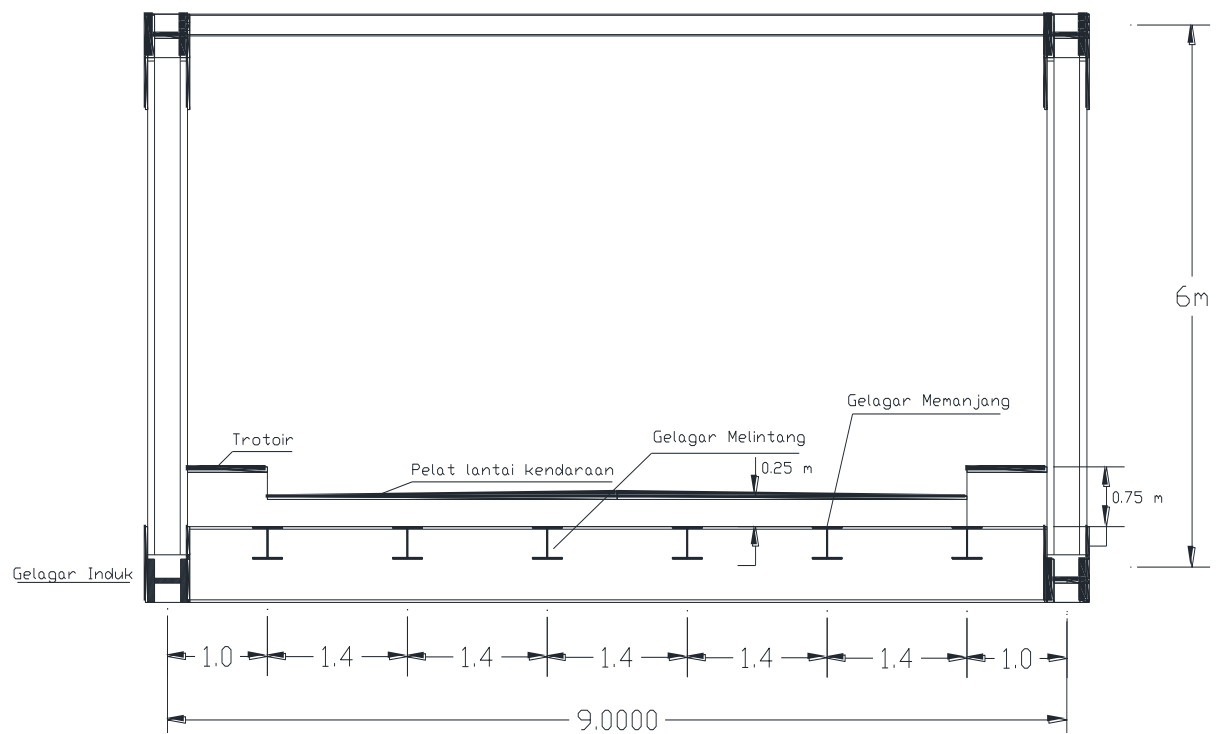
Saran :

Jembatan busur lengkung memiliki nilai estetika yang tinggi, tetapi di dalam pelaksanaan pembangunannya ketelitian dan keahlian yang lebih baik.

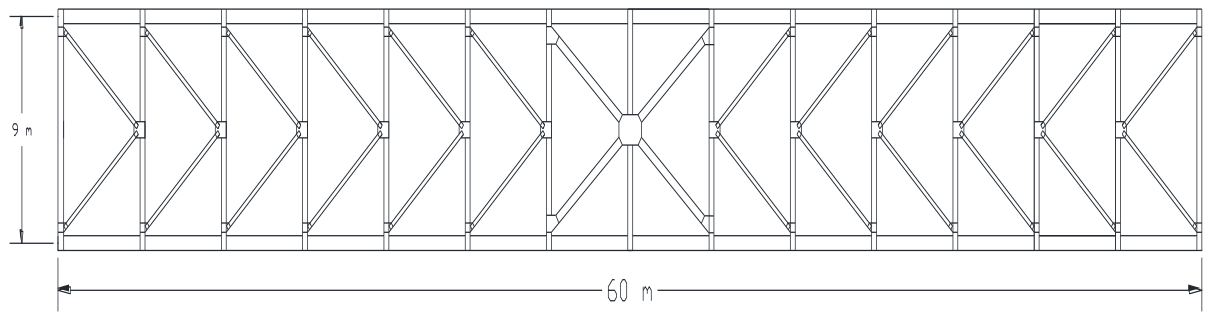
3.1.5. Gambar Perencanaan



Gambar 3.2 Perencanaan konstruksi jembatan



Gambar 3.3 Potongan melintang jembatan

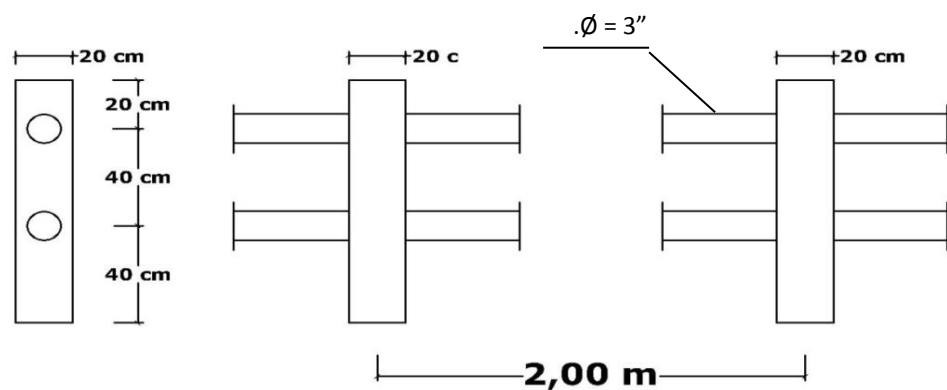


Gambar 3.4 Ikatan Angin

3.2 Perencanaan Tiang sandaran Jembatan

3.2.1 Pembebanan Pada Tiang Sandaran

Sandaran pada jembatan terdiri dari tiang sandaran dan pipa sandaran. Untuk pipa sandaran menahan beban yang bekerja horizontal sebesar $(q) = 75 \text{ kg/m}$, dan untuk tiang sandaran direncanakan menahan beban (P) sebesar $= q \times l$, dimana l merupakan jarak antar tiang sandaran dalam satuan panjang meter. ¹



Gambar 3.5 Tiang Sandaran dan pipa sandaran

➤ Pipa Sandaran

Dari tabel baja halama 68.
untuk pipa $\phi = 3''$ diperoleh data
sebagai berikut :

$$D = 76,3 \text{ mm}$$

$$t = 2,8 \text{ mm}$$

$$g = 5,08 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jarak antar tiang sandaran} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tiang sandaran} = 1,00 \text{ m}$$

- Beban hidup tiang sandaran (faktor beban = 2,0)

$$q = 75 \text{ kg/m} \times 2,0 = 150 \text{ kg/m}$$

3.2.2 Perhitungan Statika

- Perhitungan Pipa Sandaran

Digunakan pipa baja dengan $\phi = 76,3 \text{ mm}$

$$t = 2,8 \text{ mm} \quad I = 43,7 \text{ cm}^4$$

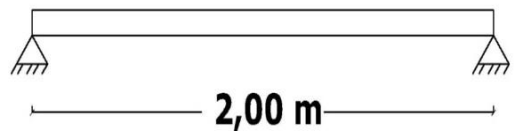
$$G = 5,08 \text{ kg/m} \quad w = 11,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} q_{u_y} &= 1,4 \times q_d \\ &= 1,4 \times 5,08 \\ &= 7,112 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u_x} &= 1,2 \cdot q_d + 1,6 \times q_l \\ &= 1,2 \cdot 0 + 1,6 \cdot 75 \\ &= 120 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_y} &= \frac{1}{8} \times q_{u_y} \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 7,112 \times 2^2 = 3,556 \text{ kg.m} = 355,6 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_x} &= \frac{1}{8} \times q_{u_x} \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 120 \times 2^2 = 60 \text{ kg.m} = 600 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$



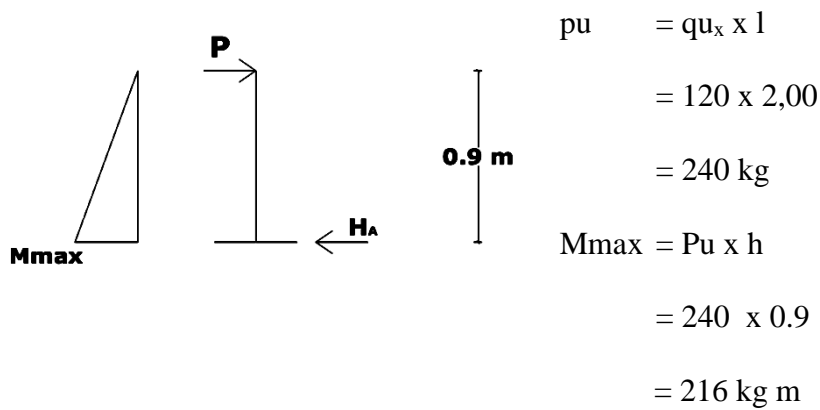
Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi b \times Mn \geq Mu_y$$

$$0,9 \times (11,5 \times 3600) \geq 355,6 \text{ kg.cm}$$

$$37260 \text{ kg.m} \geq 355,6 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

➤ Perhitungan tiang sandaran



3.2.3 Penulangan Tiang sandaran

Direncanakan :

$$b = 200 \text{ mm} \qquad h = 200 \text{ mm}$$

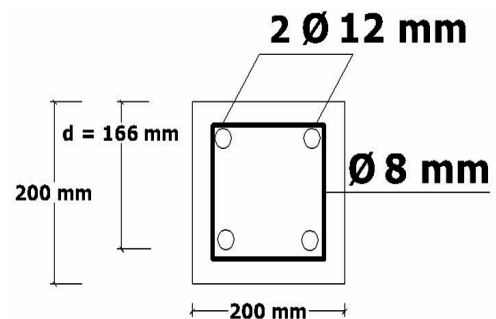
$$d = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \times D \text{ tulangan tarik}$$

$$= 200 - 20 - 8 - (\frac{1}{2} \times 12)$$

$$= 166 \text{ mm}$$

$$d'' = 200 - 166$$

$$= 34 \text{ mm}$$



V_u = berat sendiri tiang sandaran + beban sendiri pipan sandaran

$$= [(0,2 \times 0,2 \times 1,0 \times 2400) + (2 \times (2 \times 5,08))] \times 1,4$$

$$= 162,848 \text{ Kg}$$

$$M_u = M_{\max} = 216 \text{ kg.m} = 2160 \text{ N.m}$$

$$M_n = \phi \times b \times d^2 \times k$$

$$M_u = M_n \text{ maka diperoleh nilai } K = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$K = \frac{2160 \times 10^3}{0.8 \times 200 \times 166^2} = 0.490 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0.85 f_c'}} \right]$$

$$= \frac{0.85 \times 25}{240} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.490}{0.85 \times 25}} \right] = 0.00207$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} = 0.00583$$

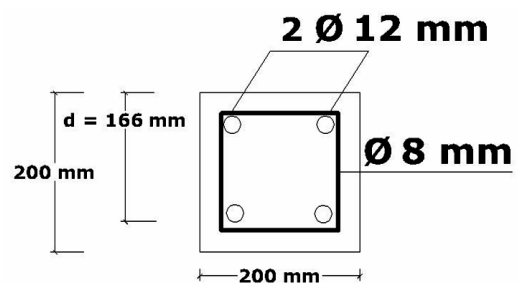
$\rho_{\text{perlu}} = 0.00207 < \rho_{\min} = 0.00583$ maka, dipakai $\rho_{\min} = 0.00583$

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$= 0.00583 \times 200 \times 166$$

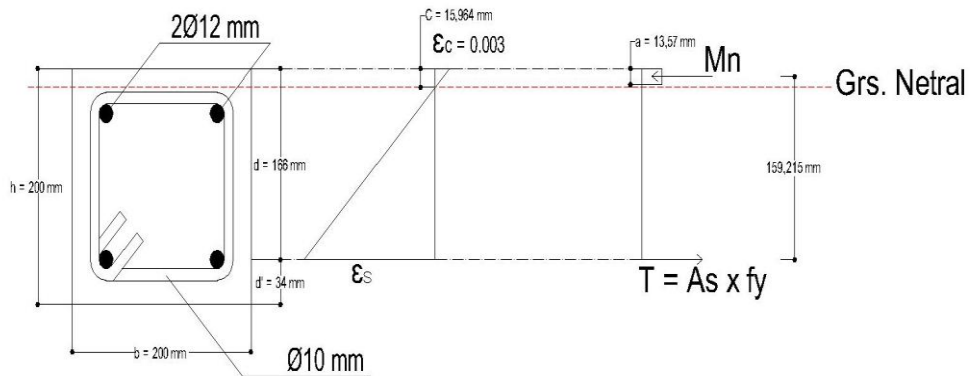
$$= 193,556 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 Ø 12 mm



$$A_s \text{ ada} = (1/4 \cdot \pi \cdot 12^2) \cdot 2 = 226,195 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 193,556 \text{ mm}^2 \dots \text{ok}$$

Kontrol Momen Kapasitas



Dianggap baja tulangan telah mencapai leleh saat beton mulai terak ($\epsilon_c = 0.003$) dan $f_s = f_y$ maka

$$N_T = N_D$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times b \times f'_c} = \frac{226,195 \times 240}{0.85 \times 200 \times 25} = 12,773 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{12,773}{0,85} = 15,027 \text{ mm}$$

$$f_s = 600 \times \left(\frac{c}{d-c} \right) = 600 \times \left(\frac{15,027}{166-15,027} \right) = 59,721 \text{ Mpa} < f_y = 240$$

Mpaok

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 226,195 \times 240 \times \left(166 - \frac{12,773}{2} \right) =$$

$$8664906,152 \text{ Nmm}$$

$$= 8664,906152 \text{ KNmm}$$

$$\frac{M_n}{M_u} = \frac{8664,906152}{1350} = 6,418 \quad \text{..... Ok}$$

Perencanaan Tulangan Geser

$$V_u = 162,848 \text{ Kg} = 1628,48 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 200 \times 166 = 55333,333 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \times 0,6 \times 55333,333 = 16600 \text{ N}$$

Karena $\frac{1}{2} \phi V_c = 16600 \text{ N} > V_u = 1628,48 \text{ N}$ secara teoritis tidak perlu menggunakan tulangan geser maka dipasang tulangan geser praktis. Dipakai tulangan sengkang $\phi 8 - 120 \text{ mm}$.

3.3 Perhitungan Plat lantai kendaraan dan Trotoir

3.3.1 Pembebanan plat lantai trotoir

A. Beban mati

- Beban mati trotoir

- Berat sendiri plat beton $= 0,55 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 1716 \text{ kg/m}$
- Berat tegel dan spesi $= 0,05 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 156 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan $= 0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat steel deck (0,76 mm) $= \frac{8,48 \times 1 \times 1,1}{1} = 9,33 \text{ kg/m}$

$$q_{u1} = 996 \text{ kg/m}$$

- Beban mati (P) akibat sandaran

Faktor beban 1,1.....(*RSNI T-02-2005, hal 9*)

- Berat sendiri tiang sandaran $= 0,027 \times 2400 \times 1,3 = 84,24 \text{ kg/m}$
- Berat pipa sandaran $= 2,0 \times (2 \times 5,08) \times 1,1 = 22,52 \text{ kg/m}$

$$P_{u1} = 106,76 \text{ kg/m}$$

B. Beban hidup

- Beban hidup trotoir

Faktor beban = 1,8.....(*RSNI T-02-2005, hal 19*)

Beban hidup trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar :

$$q = 5 \text{ Mpa} = 500 \text{ kg/m}^2 \dots\dots\dots(\text{RSNI T-02-2005, hal 24})$$

$$q_{u2} = 500 \times 1 \times 1,8$$

$$= 900 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Maka } q_{utr} = q_{u1} + q_{u2}$$

$$= 996 + 900$$

$$= 1896 \text{ kg/m}^2$$

3.3.2. Pembebanan Plat Lantai Kendaraan Dengan Bridge/Metal Deck

(Plat lantai dianggap balok dengan lebar 1 meter)

A. Beban mati

- Berat sendiri plat beton $= 0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan $= 0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat lapisan aspal $= 0,05 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 156 \text{ kg/m}$
- Berat metal deck (0,76) $= 8,48 \times 1 \times 1,1 = 9,33 \text{ kg/m}$

$$q_{u3} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$q_{ult} = q_{u3}$$

$$= 1047 \text{ kg/m}$$

B. Beban hidup

- Muatan “T” yang bekerja pada lantai kendaraan adalah tekanan gandar = 225 kN = 22500 kg, atau tekanan roda = 11250 kg.....(*RSNI T-02-2005, hal 19*)
- Faktor beban dinamis “FBD” = 0,4.....(*RSNI T-02-2005, hal 21*)

Dari rumus dibawah ini :

$$50 \text{ m} \leq L_E \rightarrow \text{FBD} = 0,4$$

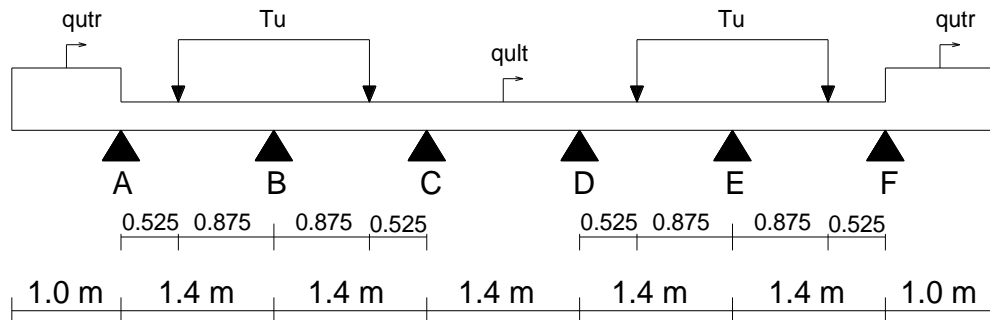
$$\text{Jadi : } L_E = 45, \text{ Factor beban } K = 1,8 \dots \dots \dots (\text{RSNI T-02-2005, hal 19})$$

$$\text{Maka } P = (1 + 0,40) \times 11250 = 15750 \text{ kg}$$

$$P_{ult} \text{ atau Beban } T = 1,8 \times 15750 = 28350 \text{ kg}$$

3.3.3 Perhitungan statika

Kondisi Pembebanan I



Gambar 3.6 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro 2004).

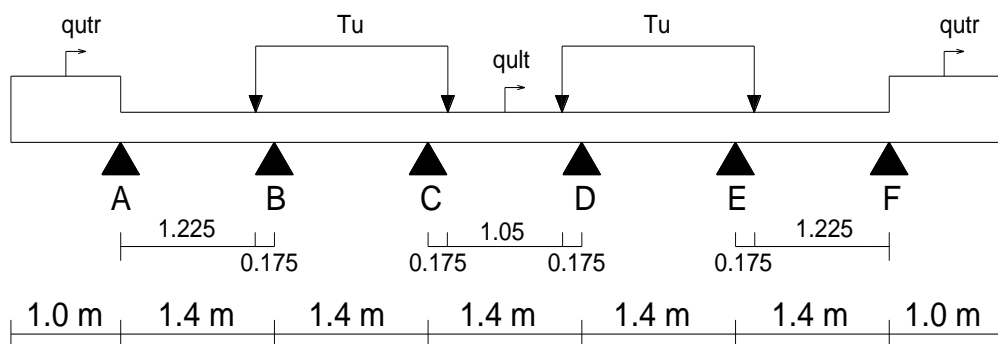
Dimanan :

$$q_{utr} = 996 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{ult} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 28350 \text{ kg}$$

Kondisi Pembebanan II



Gambar 3.7 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro 2004).

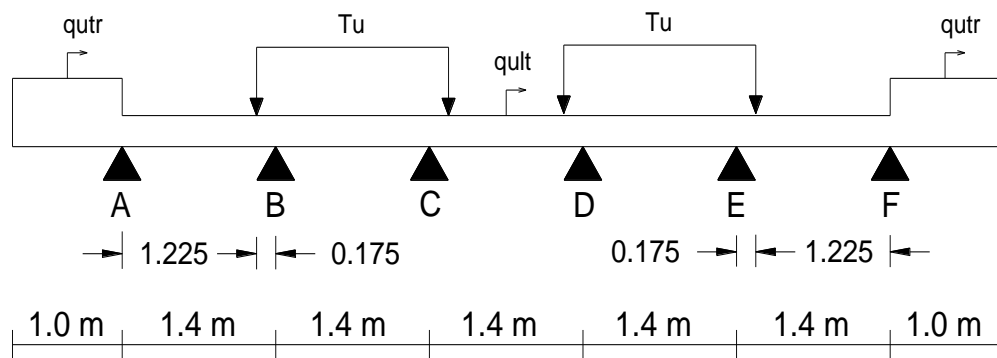
Dimana :

$$q_{utr} = 996 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{ult} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 28350 \text{ kg}$$

Kondisi Pembebanan III



Gambar 3.8 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika
STAAD Pro 2004).

Dimanan :

$$q_{utr} = 996 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{ult} = 1047 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 28350 \text{ kg}$$

Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Momen

No	Tumpuan	Lapangan	Pembebanan Kondisi I (kg m)	Pembebanan Kondisi II (kg m)	Pembebanan Kondisi III (kg m)
1	A	-	0	0	0
2	B	-	1441	1441	1441
3	C	-	5618	1522	1522
4	D	-	2155	1788	1788
5	E	-	2155	569,756	569,756
6	F	-	5618	1807	1807
7	G	-	1441	1441	1441
8	H	-	0	0	0
9	-	AB	360,166	360,166	360,166
10	-	BC	-4168,9	-1256,6	-1255,6
11	-	CD	-3811,5	1399	1399
12	-	DE	1899	-1558,1	-1558,1
13	-	EF	-3811,5	5893	5893
14	-	FG	-4168,9	-1113,1	-1113,1
15	-	GH	360,166	360,166	360,166

3.4 Perhitungan Penulangan Plat

3.4.1 Perhitungan Penulangan Plat Lantai Kendaraan

❖ Penulangan Tumpuan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I,II dan III didapatkan :

$$M_{\max} \text{ Tumpuan (E)} = 569,7560 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $d = 16 \text{ mm } (\phi 16)$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$d = 250 - (\frac{1}{2} \cdot 16) - 50 = 192 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$M_u = 569,7560 \text{ kgm}$$

Momen nominal (Mn) :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{569,7560}{0,8} \\ &= 712,195 \text{ kgm} = 712,195 \cdot 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Koefisien tahanan (Rn) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{7121950}{1000 \cdot 192^2} = 0,193 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) \\ &= 0,0442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0442 \\ &= 0,0332\end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{320} = 0,0044\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,549} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,193 \cdot 12,549}{320}} \right) \\ &= 0,0006\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0044$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan (A_{perlu}) :

$$\begin{aligned}A_{\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 192 = 844,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{844,8}{200,96} = 4,20 \quad \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{4,20} = 238,095 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 200$

$$A_{s\text{ada}} = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 1004,8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 844,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}} \\ &= 20\% \cdot 844,8 = 168,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 10}}} = \frac{844,8}{78,5} = 10,76 \quad \approx 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{10,76} = 92,936 \quad \approx 100 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 785 \text{ mm}^2$$

❖ Penulangan Lapangan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I, II dan III didapatkan :

$$M_{\text{max Lapangan (AB)}} = 360,166 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $d = 16 \text{ mm}$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$d = 250 - \left(\frac{1}{2} \cdot 16\right) - 50 = 192 \text{ mm}$$

$$M_u = 360,166 \text{ kgm}$$

Momen nominal (M_n) :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{360,166}{0,8} \\ &= 450,2075 \text{ kgm} = 450,2075 \cdot 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Koefisien tahanan (R_n) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{4502075}{1000 \cdot 192^2} = 0,122 \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) \\ &= 0,0442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0442 \\ &= 0,0332 \end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{320} = 0,0044\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,549} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,122 \cdot 12,549}{320}} \right) \\ &= 0,0004\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0044$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan ($A_{s\text{perlu}}$) :

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 192 = 844,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{844,8}{200,96} = 4,20 \quad \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{4,20} = 238,09 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 200$

$$A_{s\text{ada}} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 1206,37 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 844,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}} \\ &= 20\% \cdot 844,8 = 168,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 10}}} = \frac{844,8}{78,5} = 10,761 \quad \approx 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{10,761} = 92,9281 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 785 \text{ mm}^2$$

3.4.2 Perhitungan Penulangan Trotoir

Penulangan Tumpuan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I, II dan III didapatkan :

$$M_{\text{max Tumpuan (B)}} = 5618 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $d = 16 \text{ mm}$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$d = 750 - (\frac{1}{2} \cdot 16) - 50 = 692 \text{ mm}$$

$$b = 10000 \text{ mm}$$

$$M_u = 5618 \text{ kgm}$$

Momen nominal (M_n) :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{5618}{0,8}$$

$$= 7022,5 \text{ kgm} = 7022,5 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

Koefisien tahanan (Rn) :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{70225000}{1000 \cdot 692^2} = 0,0147$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549$$

$$\beta = 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)]$$

$$= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)]$$

$$= 0,85$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right)$$

$$= 0,0442$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0442$$

$$= 0,0332$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{320} = 0,0044\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,549} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0147 \cdot 12,549}{320}} \right) \\ &= 0,000079\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0044$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan ($A_{s\text{perlu}}$) :

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 692 = 3044,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{3044,8}{200,96} = 15,15 \approx 15 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{15,15} = 66,007 \approx 100 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 100$

$$A_{s\text{ada}} = 15 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16 = 6028,8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 3044,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned}A_{s\text{bagi}} &= 20\% \cdot A_{s\text{perlu}} \\ &= 20\% \cdot 3044,8 = 608,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \phi 10} = \frac{3044,8}{78,5} = 2,710 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{3} = 333,33 \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s\text{ada}} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 235,62 \text{ mm}^2$$

Penulangan Lapangan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I dan II didapatkan :

$$M_{\text{max Tumpuan (B)}} = 5893 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $d = 16 \text{ mm}$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$d = 750 - (\frac{1}{2} \cdot 16) - 50 = 692 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$M_u = 5893 \text{ kgm.}$$

Momen nominal (M_n) :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{5893}{0,8}$$

$$= 7366,25 \text{ kgm} = 7366,25 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

Koefisien tahanan (R_n) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{73662500}{1000 \cdot 692^2} = 1,538 \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{320}{0,85 \cdot 30} = 12,549 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f'_c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) \\ &= 0,0442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0442 \\ &= 0,0332 \end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi

regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,196} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,308 \cdot 10,196}{320}} \right) \\ &= 0,0052\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho = 0,0054$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan (A_{sperlu}) :

$$\begin{aligned}A_{\text{sperlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0054 \cdot 1000 \cdot 197 = 1063,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{\text{sperlu}}}{A_s \phi 16} = \frac{1063,8}{201,06} = 5,29 \quad \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{6} = 166,67 \quad \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 150$

$$A_{\text{sada}} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16 = 1206,37 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1063,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$A_{s_{\text{bagi}}} = 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$= 20\% \cdot 1063,8 = 212,76 \text{ mm}^2$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

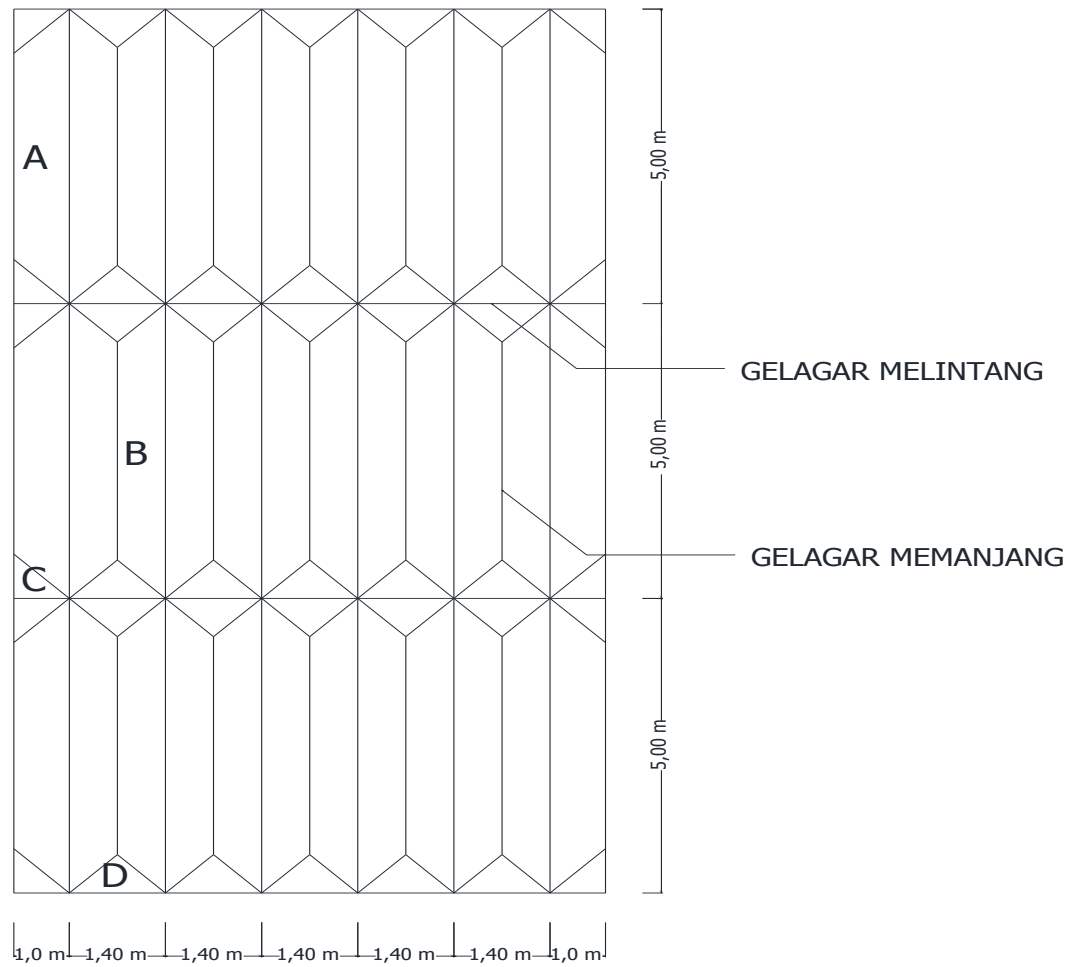
$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \cdot \phi 10}} = \frac{212,76}{78,5} = 2,710 \quad \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{3} = 333,33 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

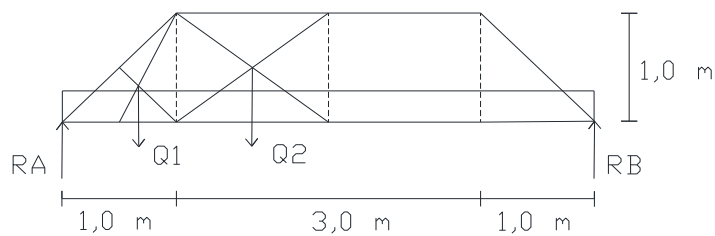
$$A_{s_{\text{ada}}} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 235,62 \text{ mm}^2$$

3.5 Perhitungan Perataan Beban



Gambar 3.9 Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoir

1. Perataan Beban Tipe A



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,5$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 3,0 \cdot 1,0 = 1,5$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2$$

$$= 0,5 + 1,5 = 2$$

$$M_I = (R_A \times 2,5) - [Q_1 \times (\frac{1}{2} \times 1,0 + \frac{1}{2} \times 3,0) + (Q_2 \times (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 3,0))]$$

$$= (2 \times 2,5) - [0,5 \times (0,5 + 1,5) + (1,5 \times 0,75)]$$

$$= (5) - [1 + 1,125]$$

$$= 2,875$$

$$M_{II} = \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2$$

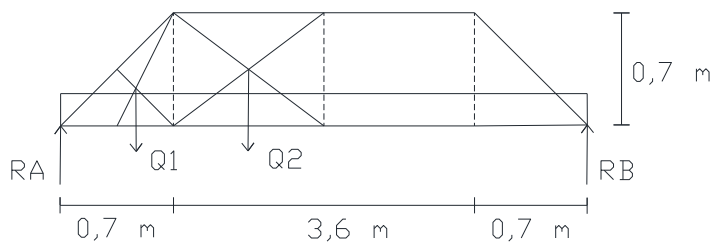
$$= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 5^2 = 3,125 h$$

$$M_I = M_{II}$$

$$2,875 = 3,125 h$$

$$h = 0,92 \text{ m}$$

2. Perataan Beban Tipe B



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,245$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 3,6 \cdot 0,7 = 1,26$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2$$

$$= 0,245 + 1,26 = 1,505$$

$$M_I = (R_A \times 2,5) - [Q_1 \times (1/2 \times 0,7 + 1/2 \times 3,6) + (Q_2 \times (1/2 \times 1/2 \times 3,6))]$$

$$= (1,505 \times 2,5) - [0,245 \times (2,15) + (1,26 \times 0,9)]$$

$$= 2,102$$

$$M_{II} = 1/8 \cdot h \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot h \cdot 5^2 = 3,125 h$$

$$M_I = M_{II}$$

$$2,102 = 3,125 h$$

$$h = 0,673 \text{ m}$$

3.6 Perencanaan Gelagar memanjang

- Jarak gelagar memanjang = 1,4 m
- Jarak gelagar melintang = 5,0 m

3.6.1 Perhitungan pembebanan

a. Beban Mati

- Akibat berat lantai trotoir (untuk gelagar tepi)

$$q_u = (\text{peretaan beban tipe A} \times q \text{ plat trotoir}) + (\text{peretaan beban tipe B} \times q \text{ plat}$$

$$\text{lantai kendaraan}) + \text{tiang sandaran} + \text{pipa sandaran}$$

$$= (0,92 \times 996) + (0,673 \times 1047) + 50,544 + 11,176$$

$$= 1682,671 \text{ kg/m}$$

- Akibat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tengah)

$$q_u = (\text{peretaan beban tipe B} \times q \text{ plat lantai kendaraan})$$

$$= (2 \times 0,673 \times 1047)$$

$$= 1409,262 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup “D”

Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang. (Buku RSNI T - 02 – 2005 hal.18)

$$L = 60 \text{ m} \rightarrow L \geq 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

$$= 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kPa}$$

$$= 6,75 \text{ kPa} = 675 \text{ kg/m}^2$$

- Beban terbagi rata (BTR) ; factor beban 1,8 (RSNI T -02-2005 hal.17)

$$q = 675 \times 1,8$$

$$= 1215 \text{ kg/m}^2$$

- Akibat beban garis (BGT) $P = 49,0 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$; factor beban 1,8 (RSNI T -02-2005 hal.18,17)

$$P_u = 4900 \times 1,8$$

$$= 8820 \text{ kg/m}$$

- Faktor beban dinamis (FBD) / koefisien kejut

(Dari gambar 8 hal. 25 buku RSNI T-02-2005, untuk bentang 60 m didapat nilai FBD= 40% = 0,4)

$$k = 1 + \text{FBD}$$

$$= 1 + 0,4 = 1,4$$

- c. Beban Hidup "T" (factor beban = 1,8 RSNI T-02-2005 hal.22)

Untuk perencanaan yang di akibatkan oleh beban "T" diambil sebesar 11,25 ton (Buku RSNI T-02-2005 hal.1) dan faktor beban dinamisnya sebesar 30%
 $= 0,3$.

$$T = 11250 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T_u &= 11250 \times 1,3 \times 1,8 \\ &= 26325 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perbandingan beban hidup gelagar :

- 1) Gelagar tepi

$$\begin{aligned} q_u &= (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A} \times \text{factor beban}) \\ &= (900 \times 0,92 \times 1,8) \\ &= 1490,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- 2) Gelagar tengah

$$\begin{aligned} q_u &= \left(\frac{1600}{2,75} \right) \times 1/2 \times (1,40 + 1,40) \\ &= 814,545 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \left(\frac{8820}{2,75} \right) \times 1/2 \times (1,4 + 1,4) \times k \\ &= 6272 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_u = 26325 \text{ kg}$$

3.6.2 Perhitungan Statika

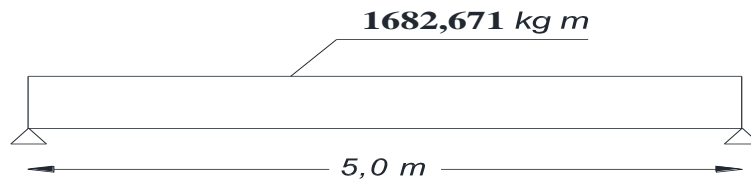
Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

a. Gelagar tepi

▪ Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat lantai kendaraan untuk gelagar tepi

$$= 1682,671 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot 1682,671 \cdot 5,0$$

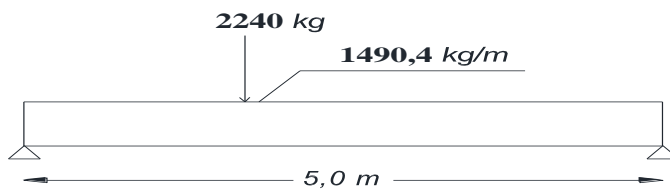
$$= 4206,678 \text{ kg}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 1682,671 \cdot 5^2$$

$$= 5820,847 \text{ kg m}$$

▪ Akibat beban hidup



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot [(1490,4 \cdot 5,0) + 2240]$$

$$= 4851 \text{ kg}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot l^2 + (1/4 \cdot P_u \cdot l)$$

$$= 1/8 \cdot 1490,4 \cdot 5^2 + 1/4 \cdot 2240 \cdot 5$$

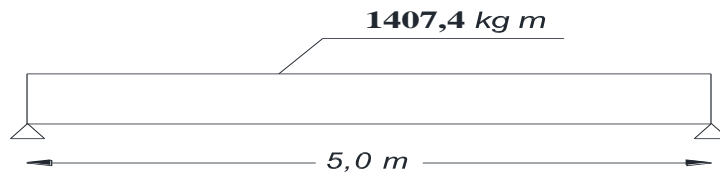
$$= 7457,5 \text{ kg m}$$

b. Gelagar tengah

- Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat lantai kendaraan untuk gelagar tengah

$$= 1490,4 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot 1407,4 \cdot 5,0$$

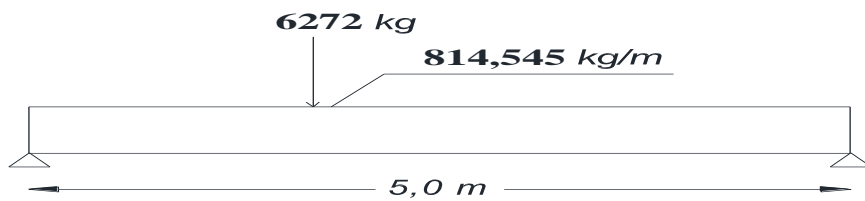
$$= 3518,5 \text{ kg}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 1407,4 \cdot 5^2$$

$$= 4398,125 \text{ kg m}$$

- Akibat beban hidup “D”



$$R_A = R_B = 1/2 \cdot [(814,545 \cdot 5,0) + 6272]$$

$$= 6116,563 \text{ kg}$$

$$M_u = (1/8 \cdot q_u \cdot l^2) + (1/4 \cdot P_u \cdot l)$$

$$= (1/8 \cdot 814,545 \cdot 5^2) + (1/4 \cdot 6272 \cdot 5)$$

$$= 10358,453 \text{ kg m}$$

- Akibat beban hidup “T”

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{4} \cdot T \cdot l \\ &= \frac{1}{4} \cdot 26325,5 \\ &= 32906,25 \text{ kg m} \end{aligned}$$

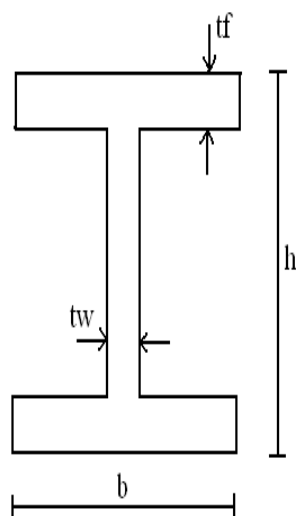
Momen total :

$$\begin{aligned} \text{a. Untuk gelagar tepi, } M_{u1} &= 5820,847 + 7457,5 \\ &= 13278,347 \text{ kg m} \\ \text{b. Untuk gelagar tengah, } M_{u1} &= 4398,125 + 10358,453 + 32906,25 \\ &= 47662,828 \text{ kg m} \end{aligned}$$

Jadi untuk perencanaan diambil gelagar tengah yang diakibatkan oleh beban mati dan beban truk ”T”.

3.7. Perencanaan dimensi gelagar memanjang

Dipilih profil WF 350x350x12x19



$$G = 56,6 \text{ kg/m}$$

$$A = 173,9 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 40300 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 13600 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 15,2 \text{ cm}$$

$$r_y = 8,84 \text{ cm}$$

$$S_x = 2300 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 776 \text{ cm}^3$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$t_f = 19 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm}$$

$$\sigma = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan leleh baja)}$$

(Agus Setiawan, ST., M.T. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD

Edisi Kedua, Penerbit Erlangga.hal:349)

- Momen berat sendiri profil : (faktor beban = 1,1)

$$Mu_2 = 1/8 \cdot G \cdot l^2 \cdot \text{faktor beban}$$

$$= 1/8 \cdot 56,6 \cdot 5^2 \cdot 1,1$$

$$= 194,563 \text{ kg m}$$

$$Mu_{\text{total}} = Mu_1 + Mu_2$$

$$= 47662,828 + 194,563$$

$$= 47857,391 \text{ kg m}$$

$$= 4785739,1 \text{ kg cm}$$

Syarat Pemilihan Profil :

$$\phi M_n \geq Mu \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 425})$$

Dimana :

ϕ = faktor resistensi = 0,9 untuk balok lentur

M_n = kekuatan momen nominal

M_u = momen beban layan terfaktor

$\phi M_n = \phi M_p = \phi \times z \times F_y$

M_p = kekuatan momen plastis

1,12 = koefisien penampang plastis untuk profil WF

z = modulus plastis

F_y = untuk mutu baja St 52 = $3600 \text{ kg/cm}^2 = 360 \text{ Mpa}$

$$\phi M_n = M_u$$

$$\phi \times z \times F_y = M_u$$

$$z_x = \frac{M_u}{\phi \cdot F_y}$$

$$= \frac{4785739,1}{0,9 \cdot 3600}$$

$$= 1477,079 \text{ cm}^3 < 2300 \text{ cm}^3 \dots\dots \text{OK!!!}$$

▪ Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M_{total}}{\phi \cdot S_x}$$

$$= \frac{4785739,1}{0,9 \cdot 2300}$$

$$= 2311,951 \text{ kg/cm}^3 < \sigma = 3600 \text{ kg/cm}^3 \dots\dots \text{OK}$$

▪ Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (L = 5,0 \text{ m} = 500 \text{ cm}) \quad (\text{SNI-03-1729-2002})$$

$$= \frac{1}{240} \cdot 500$$

$$= 2,083 \text{ cm}$$

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Qu \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (\text{Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit}$$

Nova, hal 68)

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(14,093 + 56,6 \times 1,1) \cdot 500^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 40300} + \frac{26325 \cdot 500^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 40300}$$

$$= 0,298 + 1,629$$

$$= 1,926 \text{ cm} < 2,083 \text{ cm}$$

3.8 Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk perencanaan diambil gelagar melintang yang tengah.

3.8.1 Perhitungan Pembebanan

a) Beban mati

- Berat lantai kendaraan

$$q_u = q \times 5,0$$

$$= 1047 \times 5,0$$

$$= 5235 \text{ kg/m}$$

- Berat lantai trotoir dan tiang sandaran

$$q_u = (q \times 5,0) + [(2 \times P) + (75 \times 2,0)]$$

$$= (996 \times 5,0) + [(2 \times 106,76) + (75 \times 2,0)]$$

$$= 5943,52 \text{ kg/m}$$

- Berat gelagar memanjang (WF 300x300x12x19).....(Faktor beban 1,1 *RSNI T-02-2005*)

$$G = 56,6 \text{ kg/m}$$

$$P_u = G \times 5,0 \times 1,1$$

$$= 56,6 \times 5,0 \times 1,1$$

$$= 311,3 \text{ kg}$$

b) Beban hidup

- Faktor beban dinamik/koeffisien kejut

Dari gambar 8 buku *RSNI T-02-2005* hal. 25, didapatkan nilai dari

$$FBD = 40\% = 0,4$$

$$k = 1 + DLA$$

$$= 1 + 0,4 = 1,4$$

- Beban terbagi rata

$$q = 9 \text{ Kpa} \longrightarrow L \geq 30 \text{ m}$$

$$= 9 \text{ KN/m}^2 = 900 \text{ kg/m}^2$$

$$= 900 \times 5,0$$

$$= 4500 \text{ kg/m}$$

- Beban Garis, $p = 49 \text{ KN/m} - 4900 \text{ kg/m} \dots \dots \dots (\text{RSNI T-02-2005, Hal.xi})$

$$p = 4900 \times k$$

$$= 4900 \times 1,4$$

$$= 6860 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup “D”, factor beban = 1,8, lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2,75 (*RSNI T-02-2005*, Hal. 19)

$$q_{u1} = \frac{4500 + 6860}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times 1,8$$

$$= 40895,999 \text{ kg/m}$$

$$q_{u2} = \frac{4500 + 6860}{2,75} \times 0,75 \times 50\% \times 1,8$$

$$= 2788,364 \text{ kg/m}$$

- Beban Truk “T”

Beban truk diambil sebesar $T = 11250$, Faktor beban = 1,8.....(*RSNI T-02-2005* hal 22)

$$T_u = 11250 \times k \times 1,8$$

$$= 11250 \times (1 + 0,3) \times 1,8$$

$$= 26325 \text{ kg}$$

- Beban hidup trotoir, Factor beban = 1,8.....(*RSNI T-02-2005* hal 27)

$$q = 5 \text{ Kpa} = 500 \text{ kg/m}^2$$

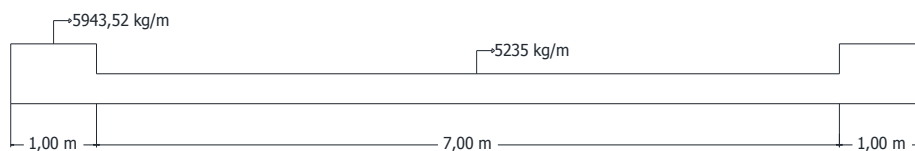
$$q_u = 500 \times 5,0 \times 1,8$$

$$= 4500 \text{ kg/m}$$

3.8.2 Perhitungan Statika

Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar melintang.

- Momen akibat berat lantai kendaraan, lantai trotoir dan tiang sandaran



$$R_A = (q_1 \times \frac{1}{2} \times 7,0) + (q_2 \times 1,0)$$

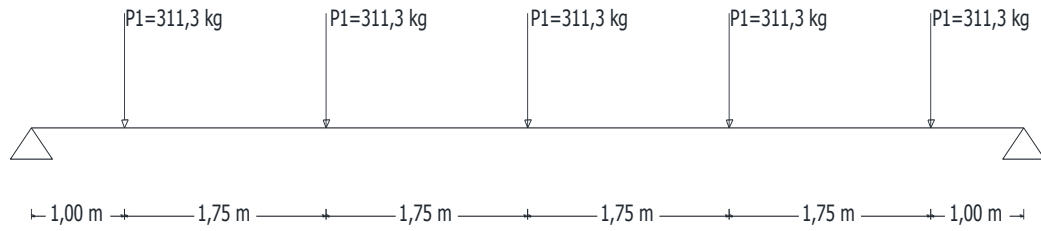
$$= (5235 \times 3,5) + (5943,52 \times 1,0) = 24266,02 \text{ kg}$$

$$M_{u1} = (R_A \times 4,5) - (q_1 \times 3,5 \times 1,75) - (q_2 \times 1,0 \times 4,0)$$

$$= (24266,02 \times 4,5) - (5235 \times 3,5 \times 1,75) - (5943,52 \times 1,0)$$

$$= 165035, \text{ kgm}$$

- Momen akibat pembebanan gelagar memanjang (mati)



$$R_A = \frac{1}{2} \times P1 \times 5$$

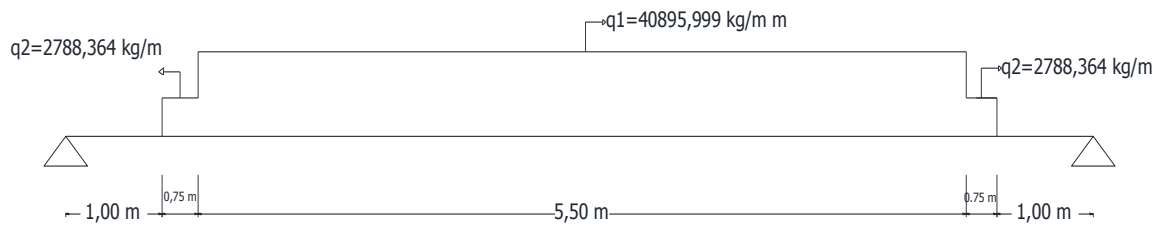
$$= \frac{1}{2} \times 311,3 \times 5 = 778,25 \text{ kg}$$

$$M_{u2} = (R_A \times 4,5) - (P1 \times 3,5) - (P1 \times 1,75)$$

$$= (778,25 \times 4,5) - (311,3 \times 3,5) - (311,3 \times 1,75)$$

$$= 1867,8 \text{ kgm}$$

- Momen akibat beban hidup “D”



$$R_A = (q1 \times \frac{1}{2} \times 5,5) + (q2 \times 0,75)$$

$$= (40895,999 \times \frac{1}{2} \times 5,5) + (2788,364 \times 0,75) = 110372,76 \text{ kg}$$

$$M_{u3} = (R_A \times 4,5) - (q1 \times 2,75 \times 1,375) - (q2 \times 0,75 \times 3,125)$$

$$= (110372,76 \times 4,5) - (40895,999 \times 2,75 \times 1,375) - (2788,364 \times 0,75 \times$$

$$3,125)$$

$$= 335504,196 \text{ kgm}$$

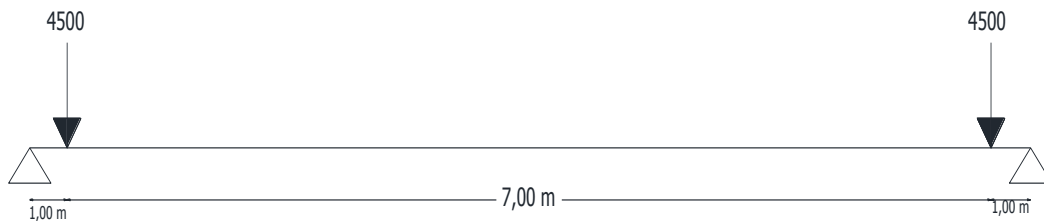
- Momen akibat beban truk “T”



$$R_A = 2 \times 90000 = 180000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{u4} &= (180000 \times 4,5) - (90000 \times 3) - (90000 \times 1,25) \\ &= 427500 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen akibat beban hidup trotoir



$$R_A = 4500 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{u5} &= (4500 \times 4,5) - (4500 \times 3,5) \\ &= 4500 \text{ kgm} \end{aligned}$$

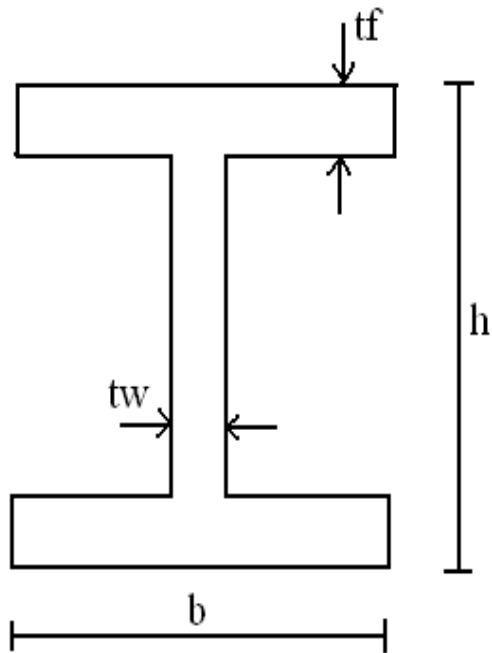
Karena momen akibat beban truk > momen akibat beban hidup “D”, maka diambil momen akibat beban truk.

Jadi momen yang terjadi pada gelagar melintang :

$$\begin{aligned} M_{u \text{ total}} &= M_{u1} + M_{u2} + M_{u3} + M_{u5} + M_{u6} \\ &= 55788,092 + 1867,8 + 335504,196 + 427500 + 4500 \\ &= 825160,088 \text{ kgm} \\ &= 825160088 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

3.9 Perencanaan Dimensi Gelagar Melintang

Dipilih baja profil WF 700x300x13x24



$$G = 185 \text{ kg/m}$$

$$A = 235,5 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 201000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 10800 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 29,3 \text{ cm}$$

$$r_y = 6,78 \text{ cm}$$

$$r = 2,8 \text{ cm}$$

$$S_x = 5760 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 722 \text{ cm}^3$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 24 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$t_w = 13 \text{ mm}$$

$$\sigma = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan leleh baja)}$$

$$M_{BS} = \frac{1}{8} \cdot G \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 185 \cdot 9^2$$

$$= 2060,438 \text{ kgm} = 206043,8 \text{ kgcm}$$

$$Mu \text{ total} = 825160088 + 206043,8$$

$$= 825366131,8 \text{ kgcm}$$

Syarat Pemilihan Profil

$\phi M_n \geq Mu$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 425)

Dimana :

ϕ = factor resistensi = 0,9 untuk balpk lentur

M_n = kekuatan momen nominal

M_u = momen beban layan terfaktor

$\phi M_n = \phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times S_x \times f_y$

M_p = kekuatan momen plastis

1,12 = koefisien penampang plastis untuk profil WF

f_y = untuk mutu baja St 52 = $3600 \text{ kg/cm}^2 = 360 \text{ Mpa}$

$$\phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times 5760 \times 3600$$

$$= 20901888 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n \geq Mu$$

$$20901888 \text{ kgcm} \geq 825366131,8 \text{ kgcm} \dots\dots \text{OK!!!}$$

▪ Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M_{total}}{\phi \cdot S_x}$$

$$= \frac{825160,088}{0,9 \cdot 2300}$$

$$= 398,628 \text{ kg m} < \sigma = 3600 \text{ kg/m} \dots \dots \text{OK}$$

▪ Kontrol Lendutan

$$M_{tot} = \frac{1}{8} \times q_u \times l^2$$

$$15258884,8 = \frac{1}{8} \times q_u \times 900^2$$

$$q_u = 150,705 \text{ kg/cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (L = 9,0 \text{ m} = 900 \text{ cm})$$

$$= \frac{1}{240} \cdot 900$$

$$= 3,750 \text{ cm}$$

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Q_u \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad (\text{Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit Nova : 68})$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{150,705 \cdot 900^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 201000}$$

$$= 3,050 \text{ cm} < 3,750 \text{ cm}$$

Untuk perencanaan gelagar melintang tepi, perencanaanya sama seperti gelagar melintang tengah dan didapatkan profil WF 33x200.

3.10. Perencanaan Gelagar Induk

Untuk perhitungan gelagar induk direncanakan menggunakan profil baja WF dan untuk ikatan angin menggunakan profil baja siku

➤ Perhitungan Pembebanan

a. Beban mati

1. Berat sendiri gelagar induk (G_1) ; faktor beban = 1,1

Didalam menghitung berat sendiri gelagar induk penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 → self weight).

2. Berat sendiri gelagar memanjang (G_2) ; faktor beban = 1,1

$$\begin{aligned} G_2^u &= (n \times G_2 \times L) \\ &= (7 \times 94 \times 60) \\ &= 39480 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Berat sendiri gelagar melintang (G_3) ; faktor beban = 1,1

$$\begin{aligned} G_3^u &= (n \times G_2 \times L) \\ &= (16 \times 185 \times 9) \\ &= 26640 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Berat lantai kendaraan (G_4) ; faktor beban = 1,3

$$\begin{aligned} G_4^u &= (q \times a \times L) \\ &= (760 \times 7 \times 60) \\ &= 319200 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Berat lantai trotoir (G_5) ; faktor beban = 1,3

$$\begin{aligned} G_5^u &= 2. (q \times a \times L) \\ &= 2. (1476 \times 1,0 \times 60) \\ &= 177120 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Berat sendiri pipa sandaran, $D = 76,3 \text{ mm}$, $t = 2,8 \text{ mm}$ (G_6)

$$\begin{aligned} G_6^u &= 2. (q \times n \times L) \\ &= 2. (5,08 \times 2 \times 60) \\ &= 1219,200 \text{ kg} \end{aligned}$$

7. Berat sendiri ikatan angin (G_6); faktor beban 1,2

Didalam menghitung berat sendiri ikatan angin penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 → self weight).

- Total beban mati yang bekerja

$$\begin{aligned} G_{\text{total}}^u &= G_2^u + G_4^u + G_5^u + G_6^u \\ &= 39480 + 319200 + 177120 + 1219,200 \\ &= 537019,200 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk

$$\begin{aligned} G &= \frac{G_{\text{total}}^u}{2} \\ &= \frac{537019,200}{2} = 268509,600 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned} P_{\text{tengah}} &= \frac{G}{15} \\ &= \frac{268509,600}{15} = 17900,640 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{17900,640}{2} = 8950,320 \text{ kg}$$

b. Beban Hidup

1. Koefisien kejut

Diketahui panjang bentang jembatan 60,0 m

Dari gambar 2.8 hal. 2-29 buku *RSNI T-02-2005*, didapat nilai koefisien kejut

(DLA) sebesar $37\% = 0,37$

$$k = 1 + \text{DLA}$$

$$= 1 + 0,37 = 1,37$$

2. Beban terbagi rata

Berdasarkan buku *RSNI T-02-2005* hal. 2 – 22, untuk jembatan dengan panjang $L = 60,0 \text{ m} > 30 \text{ m}$, maka :

$$q = 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

$$= 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kPa}$$

$$= 6 \text{ kPa} = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$q_1 = \frac{q}{2,75} \times 5,5 \times 100\%$$

$$= \frac{600}{2,75} \times 5,5 \times 100\%$$

$$= 1200 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = \frac{q}{2,75} \times 2 \times 0,75 \times 50\%$$

$$= \frac{600}{2,75} \times 2 \times 0,75 \times 50\%$$

$$= 163,636 \text{ kg/m}$$

- Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$\begin{aligned} G &= \frac{q_{total} \times L}{2} \\ &= \frac{(1200 + 163,636)}{2} \times 60,0 \\ &= 40909,080 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned} P_{tengah} &= \frac{G}{n} \\ &= \frac{40909,080}{15} \\ &= 2727,272 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$\begin{aligned} P_{tepi} &= \frac{P}{2} \\ &= \frac{2727,272}{2} \\ &= 1363,636 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Beban garis

Berdasarkan buku *RSNI T-02-2005* hal. 2 – 22, beban garis diambil sebesar $P = 44 \text{ kN/m} = 4400 \text{ kg/m}$, dengan lebar lantai kendaraan 7 m dibagi menjadi 2 jalur.

$$P = \frac{4400}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times k$$

$$= \frac{4400}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times 1,37$$

$$= 12056 \text{ kg}$$

$$P = \frac{4400}{2,75} \times (2 \times 0,75) \times 50\% \times k$$

$$= \frac{4400}{2,75} \times (2 \times 0,75) \times 50\% \times 1,37$$

$$= 1644 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$= \frac{12056 + 1644}{2}$$

$$= 6850 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul

$$P = 6850 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$P_{\text{tengah}} = 2727,272 + 6850$$

$$= 9577,272 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = 1363,636 + 6850$$

$$= 8213,636 \text{ kg}$$

c. Beban Hidup Trotoir

Berdasarkan buku *RSNI T-02-2005* hal. 2 – 31, beban hidup trotoir diambil

sebesar $P = 5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$, dengan lebar lantai trotoir 1,0 m.

$$P = 500 \times 1,0 \times 60,0 \times 2$$

$$= 60000 \text{ kg}$$

➤ Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$P = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{60000}{2}$$

$$= 30000 \text{ kg}$$

➤ Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$P_{\text{tengah}} = \frac{P}{n}$$

$$= \frac{30000}{15}$$

$$= 2000 \text{ kg}$$

➤ Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{2000}{2}$$

$$= 1000 \text{ kg}$$

d. Gaya Rem

Diketahui :

Panjang jembatan = 60,0 m

Berdasarkan gambar 2.9 buku *RSNI T-02-2005* hal. 2 – 31 didapatkan

gaya rem sebesar $(G) = 250 \text{ kN} = 25000 \text{ kg}$

- Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{G}{2} \\
 &= \frac{25000}{2} \\
 &= 12500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

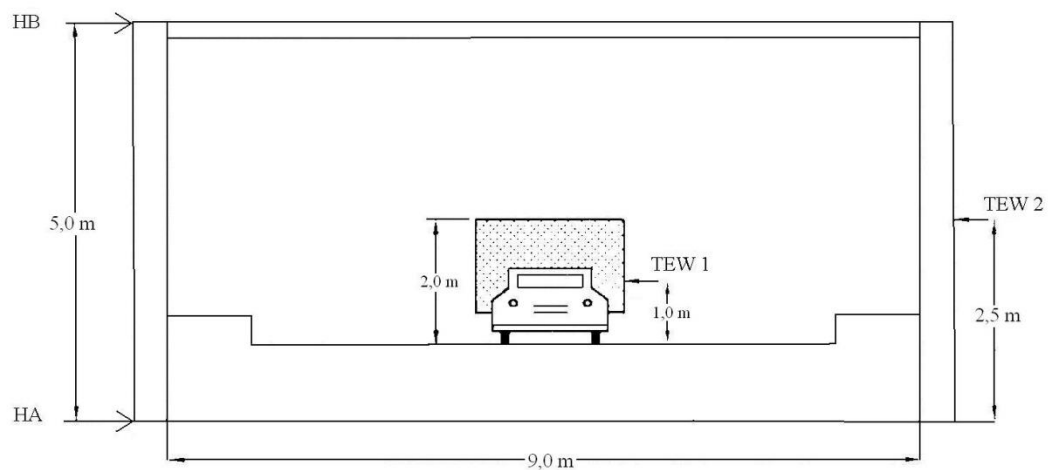
- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tengah}} &= \frac{P}{n} \\
 &= \frac{12500}{15} \\
 &= 833,333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tepi}} &= \frac{P}{2} \\
 &= \frac{833,333}{2} \\
 &= 416.667 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Beban Angin



$$\begin{aligned}
 T_{EW1} &= 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \\
 &= 0,0012 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \\
 &= 1,296 \text{ kN} = 129,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$T_{EW2} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b$$

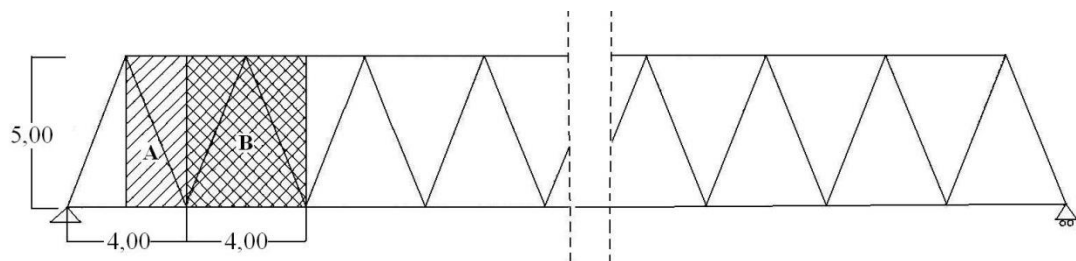
Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana (30 m/dt).

C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1,2$), BMS bag 2
1992, hal. 2 - 44

A_b = Luasan koefisien bagian samping jembatan (m^2)

▪ Perhitungan bagian samping jembatan



$$\begin{aligned}
 A_{bA} &= \frac{1}{2} \times 4,0 \times 5,0 \\
 &= 10,0 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{bB} &= 4,0 \times 5,0 \\
 &= 20,0 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Gaya Angin Pada Ikatan Angin Atas dan Bawah**

$$\begin{aligned}
 T_{EW1} &= 129,6 \text{ kg} \\
 T_{EW2} &= 0,0006 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 30\% \\
 &= 3,888 \text{ kN} = 388,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\sum M_{H_A} = 0$$

$$H_B \cdot 5 = T_{EW1} \cdot (0,05 + 0,25 + 1) + T_{EW2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 5$$

$$5 H_B = 129,6 \cdot (1,3) + 388,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5$$

$$= 1140,480$$

$$H_{B \text{ tengah}} = 228,096 \text{ kg}$$

$$H_{B \text{ tepi}} = \frac{228,096}{2}$$

$$= 114,048 \text{ kg}$$

$$H_B + H_A - T_{EW1} - T_{EW2} = 0$$

$$H_{A \text{ tengah}} = T_{EW1} + T_{EW2} - H_A$$

$$= 129,6 + 388,8 - 228,096$$

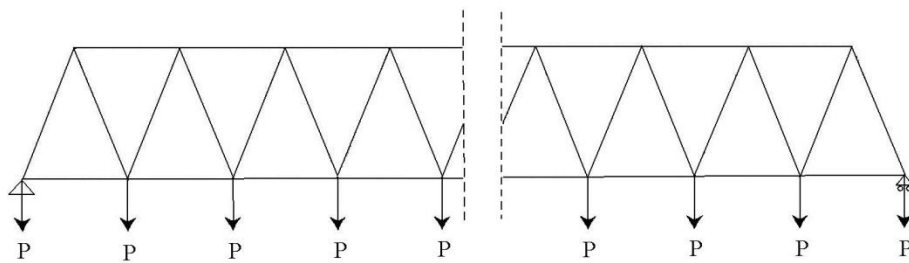
$$= 290,304 \text{ kg}$$

$$H_{A \text{ tepi}} = \frac{290,304}{2}$$

$$= 145,152 \text{ kg}$$

3.8 Statika

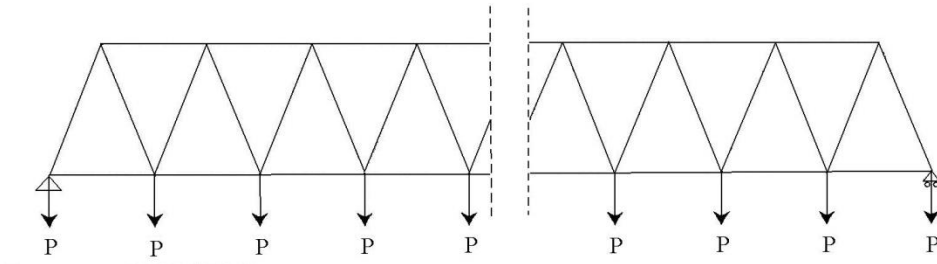
A. Skema pembebanan akibat beban mati



$$P_{\text{tepi}} = 8950,320 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 17900,640 \text{ kg}$$

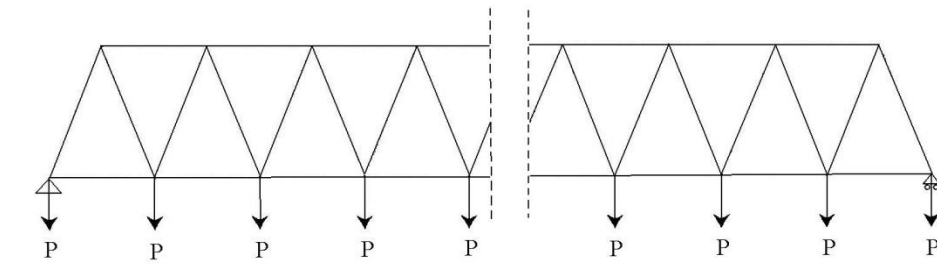
B. Skema pembebanan akibat beban hidup



$$P_{\text{tepi}} = 8213,636 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 9577,272 \text{ kg}$$

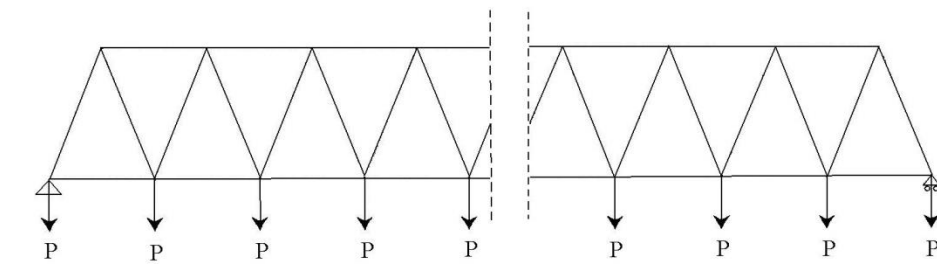
C. Skema pembebanan akibat beban trotoir



$$P_{\text{tepi}} = 1000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 2000 \text{ kg}$$

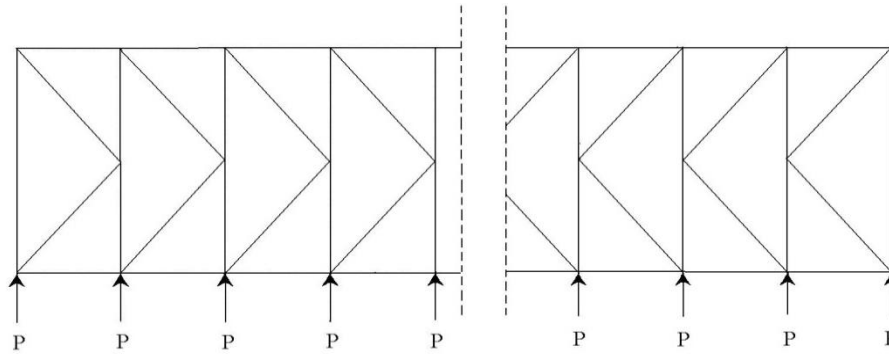
D. Skema pembebanan akibat beban rem



$$P_{\text{tepi}} = 416,667 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 833,333 \text{ kg}$$

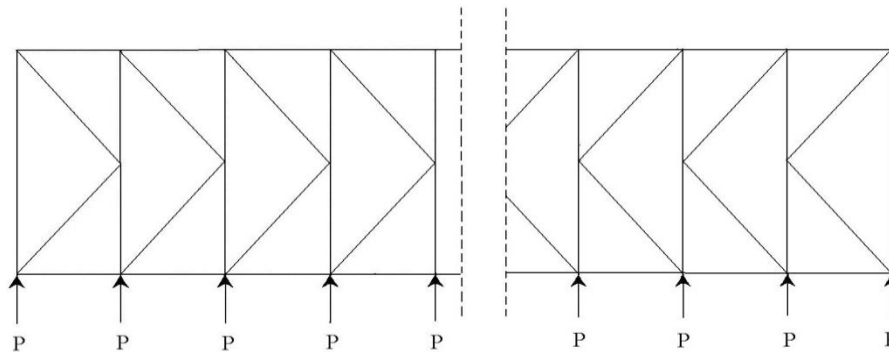
E. Skema pembebanan akibat beban angin atas



$$P_{\text{tepi}} = 145,152 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 290,304 \text{ kg}$$

F. Skema pembebanan akibat beban angin bawah



$$P_{\text{tepi}} = 114,048 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 228,096 \text{ kg}$$

Hasil perhitungan analisa STAAD PRO 2004 penulis melampirkan pada bagian akhir dari skripsi ini.

3.9 Perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk

A. Gelagar Induk

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 22)

Dimensi Batang Profil WF 400x400x45x70

Digunakan baja Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}$

$$G = 605 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 770,1 \text{ cm}^2$$

$$L = 4,00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$I_x = 298000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 94400 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1176897,50 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{298000}{770,1}} \\ &= 19,671 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{94400}{770,1}}$$

$$= 11,072 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

$$\frac{K.L}{r} = \text{rasio kerampingan efektif}$$

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 400 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}}$$

$$= \frac{1 \times 400}{11,072} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}}$$

$$= 0,595$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{0,595^2}) \cdot 3600$$

$$= 2806,283 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 2806,283 \cdot 770,1 \geq 1176897,50 \text{ kg}$$

$$1837016,075 \text{ kg} \geq 1176897,50 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (batang 8)**

Dimensi Batang Profil WF 400x400x45x70

Digunakan BJ-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}$

$$G = 605 \text{ kg/cm}$$

$$A_g = 770,1 \text{ cm}^2$$

$$L = 4,00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$I_x = 298000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 94400 \text{ cm}^4$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u =$

$$1197554,25 \text{ kg}$$

$$\text{Lebar lubang baut} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau = 400 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{400}{11,072} = 36,1272 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 770,1 - 4 \cdot (2,01 \cdot 7) \\ &= 713,820 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

a. Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 770,1 \\ &= 2495124 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5200 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 . A_n

$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 713,820)$

= 2366313,3 kg

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$\phi_t \cdot T_n = 2366313,3$ kg

Maka :

$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

2366313,3 kg > 1197554,25 kg (profil aman)

B. Gelagar Melintang Bawah

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 150)

Dimensi Batang Profil WF 700x300x13x24

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600$ kg/cm²

$G = 185$ kg/m

$A_g = 235,5$ cm²

$L = 9,00$ m = 900 cm

$I_x = 201000$ cm⁴

$I_y = 10800$ cm⁴

$W = 5760$ cm³

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1421,64 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{201000}{235,5}} \\ &= 29,215 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{10800}{235,5}} \\ &= 6,772 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal.338)

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 900 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 3600 kg/cm^2

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja $2,1 \times 10^6$

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 900}{6,772} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 1,7524\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\begin{aligned}\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{1,7524^2} \cdot 3600 \\ &= 1039,8235 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 1039,8235 \cdot 235,5 \geq 1421,64 \text{ kg}$$

$$208146,67 \text{ kg} \geq 1421,64 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- Kontrol tegangan

$$M = 10579,112 \text{ kgm}$$

$$= 1057911,2 \text{ kgcm}$$

$$\lambda_c = 1,7524 \quad \rightarrow \omega = 1$$

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A} + \frac{M}{W}$$

$$= 1 \cdot \frac{3250,76}{235,5} + \frac{1057911,2}{5760}$$

$$= 197,47 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ijin} = 3600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Batang 119)**

Dimensi Batang Profil WF 700x300x13x24

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$G = 185 \text{ kg/m}$

$A_g = 235,5 \text{ cm}^2$

$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$

$I_x = 201000 \text{ cm}^4$

$I_y = 10800 \text{ cm}^4$

$t_f = 70 \text{ mm} = 7 \text{ cm}$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial sebesar $P_u = 0,00 \text{ kg}$

Lebar lubang baut = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.92})$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau = 900 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{900}{6,722} = 132,9 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 6 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 235,5 - 6 \cdot (2,01 \cdot 2,4) \\ &= 206,556 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.95})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 770,1 \\ &= 2495124 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.95})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas retakan} \end{aligned}$$

$$F_u = \text{tegangan tarik baja} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_e = \text{luas efektif penampang} = 0,85 \cdot A_n$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 206,556)$$

$$= 684733,14 \text{ kg}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 684733,14$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$684733,140 \text{ kg} > 0,00 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

C. Gelagar Melintang atas

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 173)

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 31,5 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2$$

$$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1085,89 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{1640}{40,14}} \\ &= 6,392 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{563}{40,14}} \\ &= 3,745 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.338})$$

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 900 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 900}{3,745} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 3,169\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\begin{aligned}\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{3,169^2} \cdot 3600 \\ &= 317,967 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 317,967 \cdot 40,14 \geq 1085,89 \text{ kg}$$

$$10848,716 \text{ kg} \geq 1085,89 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Batang 143)**

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 31,5 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2$$

$$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial sebesar $P_u = 13755,88 \text{ kg}$

Lebar lubang baut $= 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal.92)

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau $= 900 \text{ cm}$

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{900}{3,745} = 240,320 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 2 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 40,14 - 2 \cdot (2,01 \cdot 0,7) \\ &= 37,326 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- a. Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

$= 0,9$ untuk keadaan batas leleh

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 40,14 \\ &= 130053,600 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95})$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5200 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 . A_n

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 37,326) \\ &= 123735,690 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 123735,690 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$123735,690 \text{ kg} > 13755,88 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

D. Ikatan Angin Dengan Profil WF 200x200x8x11

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 219)

Dimensi Batang Profil WF 200x200x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 45,73 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 58,24 \text{ cm}^2$$

$$L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$$

$$I_x = 4309,73 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1467,43 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 28463,20 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{4309,73}{58,24}} \\ &= 8,601 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{1467,43}{58,24}} \\ &= 5,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338)

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 602,1 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \\ &= \frac{1 \times 602,1}{5,02} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 1,58\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\begin{aligned}\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{1,58^2} \cdot 3600 \\ &= 1279,12 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 1279,12 \cdot 58,24 \geq 28463,20 \text{ kg}$$

$$63321,56 \text{ kg} \geq 28463,20 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

E. Ikatan Angin Dengan Profil L11011010

➤ Kekuatan Tekan Batang (Batang 177)

Dimensi Batang Profil L11011010

$$G = 16,6 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 21,2 \text{ cm}^2$$

$$L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$$

$$I_x = 239 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 239 \text{ cm}^4$$

Tebal plat siku, $d = 10 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}$

Panjang bentang, $L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$

Syarat kekuatan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial tekan terbesar $P_u =$

1747,01 kg

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{239}{21,2}} \\ &= 3,35 \end{aligned}$$

Lebar untuk baut $= 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Rasio kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}}$$

$$= \frac{1 \times 602,1}{3,35} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}}$$

$$= 2,37$$

- Menghitung tegangan kritis batang (Fcr)

$$\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y$$

$$F_{cr} = \frac{0,887}{2,37^2} \cdot 3600$$

$$= 568,499 \text{ kg/cm}^2$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 568,499 \cdot 21,2 \geq 1747,01 \text{ kg}$$

$$10253,2 \text{ kg} \geq 1747,01 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ Kekuatan tarik batang (Batang 178)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial batang tarik terbesar adalah $P_u = 1926,66 \text{ kg}$

$$\text{Lebar untuk lubang baut} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$$

- Luas bersih penampang

$$A_n = A_g - 2 \times (\text{lebar untuk lubang baut} \times \text{tebal flens})$$

$$= 21,2 - 2 \times (2,01 \times 1)$$

$$= 17,18 \text{ cm}^2$$

- Luas efektif penampang

$$A_e = U \times A_n$$

$$= 0,85 \times 17,18$$

$$= 14,603 \text{ cm}^2$$

- Rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92})$$

$$\frac{L}{r} = \frac{602,1}{3,35}$$

$$= 179,73 < 300 \quad \text{OK!!!}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- a. Retakan pada penampang bersih :

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \cdot 5200 \cdot 14,603 \\ &= 56951,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b. Pelelehan pada penampang bruto :

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 21,2 \\ &= 68688 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari dua criteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 57951,7 \text{ kg}$$

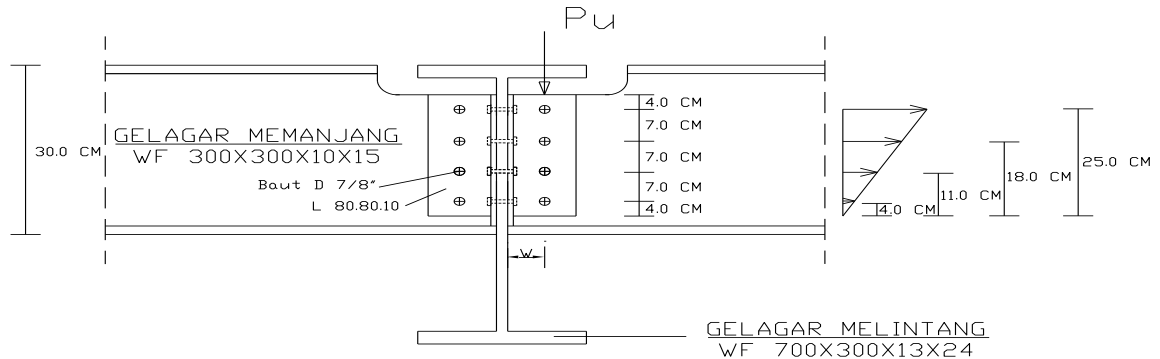
Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$56951,7 \text{ kg} \geq 1926,66 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

3.10 Perencanaan Sambungan

3.10.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



Gambar 3.10 Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$.

kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ ($1 \text{ ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$).

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar memanjang adalah :

$$V_u = 52488 \text{ kg}$$

- Luas Baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2$$

$$= 3,87 \text{ cm}^2$$

- Diameter lubang baut = $2,22 + 0,1 = 2,31 \text{ cm}$

$$\text{Jarak tepi baut} = 1,5(2,22) - 3(2,22)$$

$$= 3,33 - 6,66 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3(2,22) - 7(2,22)$$

$$= 6,66 - 15,54 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 7 \text{ cm}$$

- Sambungan irisan tunggal (pada gelagar melintang)

- Kekuatan tarik desain :

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87$$

$$= 22514,33 \text{ kg}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,87$$

$$= 15609,94 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1,3 cm.

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5200)$$

$$= 27012,96 \text{ kg}$$

- Kekuatan nominal :

$$T_n = 0,60 \cdot F_y \cdot A_g$$

$$= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4))$$

$$= 183081,6 \text{ kg} > T_u = 52488 \text{ kg}$$

A_g adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$M_u = P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan})$$

$$= 52488 \cdot 4,5$$

$$= 236196 \text{ kgcm}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 7 \text{ cm}$

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \cdot 236196}{15609,94 \cdot 7}}$$

$$= 3,60 \approx 4 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \\
 &= \frac{52488/4}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
 &= 0,84 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 80.80.10 dengan tebal 1,00 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{u_t} = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 R_{u_t} &= \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{236196.25}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)} \\
 &= 5437,29 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22514,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$

$$\begin{aligned}
 R_{u_t} &= \frac{Pu}{n} \\
 &= \frac{52488}{4}
 \end{aligned}$$

$$= 13122 < \phi \cdot R_n = 15609,94 \text{ kg}$$

- Sambungan irisan ganda (pada gelagar memanjang)

- Kekuatan tarik desain (LRFD, hal : 100) :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\ &= 22514,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,87 \\ &= 31219,87 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu 1,0 cm (Salmon : 134).

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,0 \cdot 5200) \\ &= 27012,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,0 \cdot (30 - 2 \cdot 1,5))\end{aligned}$$

$$= 58320 \text{ kg} > Tu = 52488 \text{ kg}$$

Aug adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$Mu = Pu \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan})$$

$$= 52488 \cdot 4,5$$

$$= 236199 \text{ kgcm}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana : Mu = Momen Ultimate

$$R = \phi R_n \text{ (kekuatan desain yang menentukan)}$$

$$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\ &= \sqrt{\frac{6.236096}{22514,33 \cdot 7}} \\ &= 2,998 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} t &= \frac{P}{\phi.Fu.L} \\ &= \frac{52488/4}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &= 0,84 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 80.80.10 dengan tebal 1,0 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{u_t} = beban tarik terfaktor baut

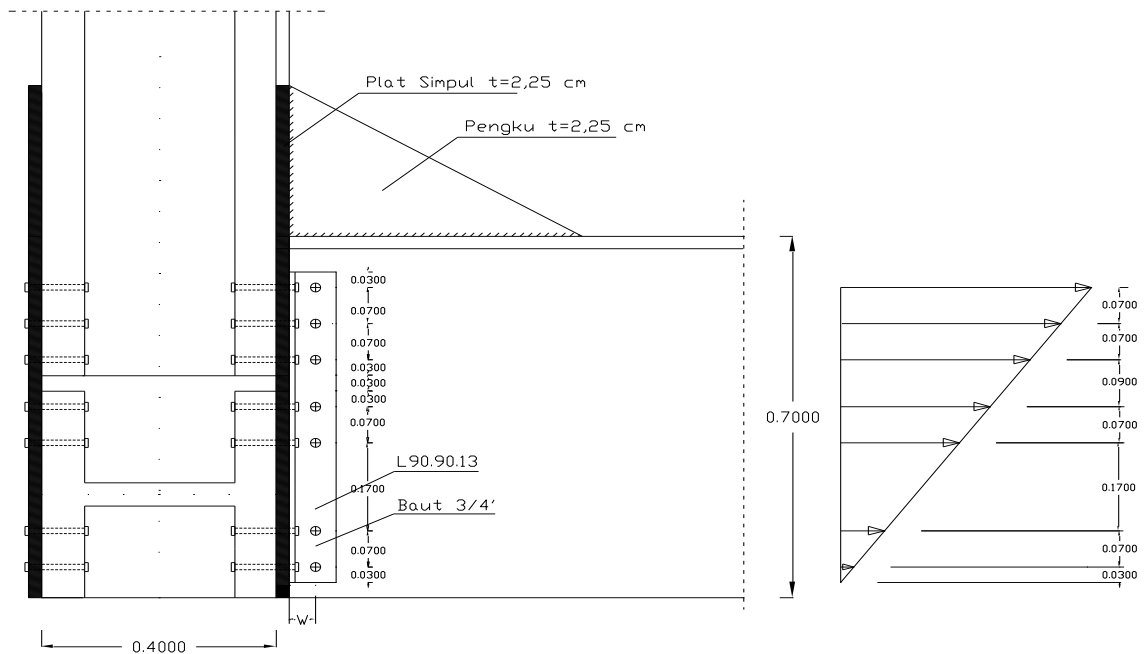
$$\begin{aligned} R_{u_t} &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{236096.25}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)} \\ &= 5434,99 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22514,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$\begin{aligned} R_{u_t} &= \frac{Pu}{n} \\ &= \frac{52488}{4} \\ &= 13122 < \phi \cdot R_n = 31219,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.10.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk



Gambar 3.11 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$.

kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$. ($1 \text{ ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$)

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar melintang adalah :

$$V_u = 164773,44 \text{ kg}$$

- Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2 \\ &= 3,87 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Sambungan irisan tunggal (pada gelagar induk)

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\ &= 22514,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,87 \\ &= 15609,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan sayap gelagar induk yaitu 7,0 cm.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 7,0 \cdot 5200) \\ &= 145454,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (7,0 \cdot 40) \\ &= 604800 \text{ kg} > T_u = 164773,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

A_g adalah luas sayap gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 164773,44 \cdot 5,0 \\ &= 823867,2 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P =$ Jarak minimum sumbu baut = 7 cm

$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \cdot 823867,2}{15609,94 \cdot 7}} \\ &= 6,73 \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$= \frac{164773,44}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$= 1,51 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 90.90.16 dengan tebal = 1,6 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{u_t} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{u_t} = \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2}$$

$$= \frac{823867,2 \cdot 58}{(4^2 + 11^2 + 28^2 + 35^2 + 44^2 + 51^2 + 58^2)}$$

$$= 4756,08 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22514,33 \text{ kg}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$

$$R_{u_t} = \frac{Pu}{n}$$

$$= \frac{164773,44}{7}$$

$$= 14967,63 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 15609,94 \text{ kg}$$

➤ Sambungan irisan ganda (pada gelagar melintang)

➤ Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\ &= 22514,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,87 \\ &= 31219,87 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1,3 cm (Salmon : 134).

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5200) \\ &= 27012,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

▪ Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4)) \\ &= 183081,6 \text{ kg} > T_u = 164773,44 \text{ kg}\end{aligned}$$

Aug adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned} Mu &= Pu \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 164773,44 \cdot 5,0 \\ &= 823867,2 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

dimana : Mu = Momen Ultimate

R = ϕ R_n (kekuatan desain yang menentukan)

P = Jarak minimum sumbu baut = 7 cm

$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\ &= \sqrt{\frac{6.823867,2}{22514,33 \cdot 7}} \\ &= 5,60 \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} t &= \frac{P}{\phi.Fu.L} \\ &= \frac{164773,44 / 7}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &= 1,51 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 90.90.13 dengan tebal 1,6 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{u_t} = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned} R_{u_t} &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{823867,2 \cdot 58}{(4^2 + 11^2 + 28^2 + 35^2 + 44^2 + 51^2 + 58^2)} \\ &= 4756,08 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 16638,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

Syarat :

$$R_{u_v} < \phi \cdot R_n$$

$$\begin{aligned} R_{u_v} &= \frac{Pu}{n} \\ &= \frac{164773,44}{7} \\ &= 23539,06 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 31219,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.10.3 Sambungan Batang Gelagar Induk WF400x400x45x70

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = 3/4 \text{ inch} = 19,1 \text{ mm}$. Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

➤ **Luas Baut :**

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,91^2 \\ &= 2,864 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

➤ **Kekuatan geser desain :**

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 2,864 \\ &= 11551,185 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ **Kekuatan tumpu desain :**

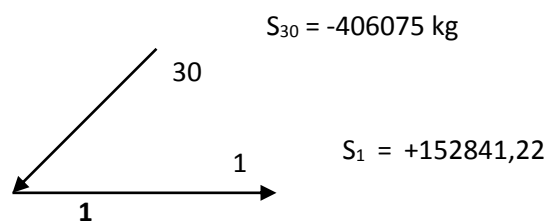
Tebal plat simpul = 2,25 cm.

Diameter lubang = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (\phi = 0,75 ; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,01 \cdot 2,25 \cdot 5200) \\ &= 42330,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan kebutuhan baut**

✓ **Joint 1**



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S1} = \frac{152841,22}{11551,185} = 13,23 \approx \text{dipasang 16 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{152841,22 / 16}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,612 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{152841,22 / 16}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,04 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S30} = \frac{406075,03}{11551,185} = 35,15 \approx \text{dipasang 36 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{406075,03 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,723 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{406075,03 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

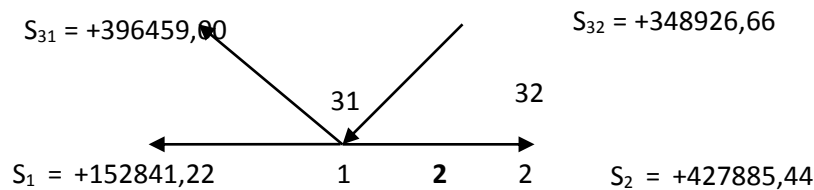
Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

✓ Joint 2



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S1} = \frac{152841,22}{11551,185} = 13,23 \approx \text{dipasang 20 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,49 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{152841,22}{0,75.5200.2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 1,826 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{s2} = \frac{427885,44}{11551,185} = 37,04 \approx \text{dipasang 40 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\ &= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}\end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}t &\geq \frac{427885,44}{0,75.5200.4} \\ &\geq 0,686 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{427885,44}{0,75.5200.2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,174 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{s31} = \frac{396459,00}{11551,185} = 34,31 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\ &= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}\end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}t &\geq \frac{396459,00}{0,75.5200.4} \\ &\geq 0,706 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{396459,00}{0,75.5200.2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,21 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{s32} = \frac{348926,66}{11551,185} = 30,21 \approx \text{dipasang 36 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\ &= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}\end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}t &\geq \frac{348926,66}{0,75.5200.4} \\ &\geq 0,621 \text{ cm}\end{aligned}$$

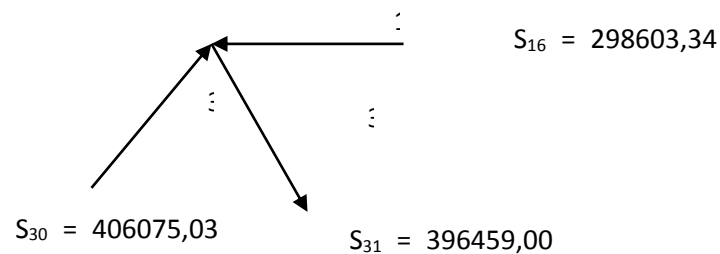
Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{348926,66}{0,75.5200.2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,06 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

✓ Joint 17



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S30} = \frac{406075,03}{11551,185} = 35,15 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1\end{aligned}$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \\ &\geq \frac{406075,03 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,723 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{F_u \cdot t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{406075,03 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S31} = \frac{396459,00}{11551,185} = 34,32 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{396459,00}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,706 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{396459,00}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,21 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S16} = \frac{298603,34}{11551,185} = 25,85 \approx \text{dipasang } 32 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}
\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\
&= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\
&= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
t &\geq \frac{298603,34 / 32}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
&\geq 0,598 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}
\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2} \\
&\geq \frac{298603,34 / 32}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\
&\geq 2,018 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\
&= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\
&= 57,3 - 133,7 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

3.10.4 Sambungan Batang Ikatan Angin

A. Ikatan Angin Yang Menggunakan W200x200x8x12

➤ Perhitungan Kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = \frac{1}{2} \text{ inch} = 1,27 \text{ cm}$.

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$ (CG. Salmon, JE.

Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

❖ Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \\ &= 1,266 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

❖ Kekuatan geser desain

Merupakan sambungan irisan tunggal sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 1,266 \\ &= 5106,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ Kekuatan tumpu desain :

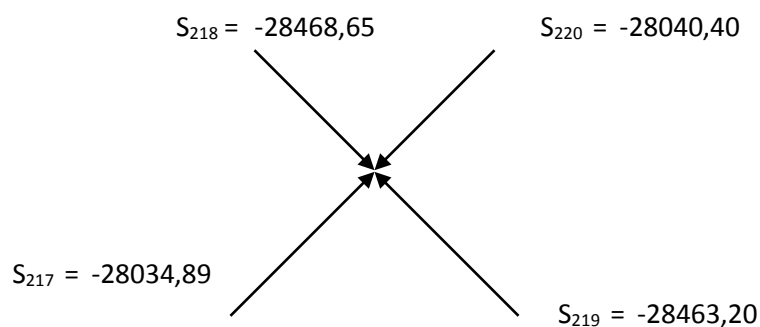
Tebal plat simpul = 1,00 cm

Diameter lubang = $1,27 + 0,1 = 1,37 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) & (\phi = 0,75; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 1,37 \cdot 1,00 \cdot 5200) \\ &= 12823,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Kekuatan Baut**

✓ **Joint 83**



- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S217} = \frac{28034,89}{5106,506} = 5,49 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28034,89 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,40 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{db}{2}$$

$$\geq \frac{28034,89 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

$$\geq 1,833 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S218} = \frac{28468,65}{5106,506} = 5,575 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28468,65 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,406 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{db}{2}$$

$$\geq \frac{28468,65 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

$$\geq 1,85 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S219} = \frac{28463,20}{5106,506} = 5,57 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7 \\ &= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{28463,20}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3} \cdot \frac{6}{1} \\ &\geq 0,405 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{F_{ut}} + \frac{db}{2} \\ &\geq \frac{28463,20}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2} \\ &\geq 1,85 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7 \\ &= 38,1 - 88,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S220} = \frac{28040,40}{5106,506} = 5,49 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28040,40 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,40 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{db}{2}$$

$$\geq \frac{28040,40 / 6}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

$$\geq 1,83 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

B. Ikatan Angin Yang Menggunakan L11011010

➤ Perhitungan Kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = \frac{1}{2} \text{ inch} = 1,27 \text{ cm}$.

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$ (CG. Salmon, JE.

Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra,

Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

❖ Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \\ &= 1,266 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

❖ Kekuatan geser desain

Merupakan sambungan irisan tunggal sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 1,266 \\ &= 5106,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ Kekuatan tumpu desain :

Tebal plat simpul = 1,00 cm

Diameter lubang = $1,27 + 0,1 = 1,37 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) & (\phi = 0,75; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 1,37 \cdot 1,00 \cdot 5200) \\ &= 12823,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Kekuatan Baut**

✓ **Joint 63**

$$S_{178} = +1926,66$$

$$S_{177} = -1747,01$$

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S177} = \frac{1747,01}{5106,506} = 0,342 \approx 2 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter ½ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{1747,01 / 2}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,075 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{db}{2} \\
 &\geq \frac{1747,01}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2} \\
 &\geq 0,859 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\
 &= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7 \\
 &= 38,1 - 88,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 7 \text{ cm}$

- **Kontrol Plat Simpul**

- ✓ **Gelagar Induk W400x400x45x70**

A. Simpul 1

Diameter baut yang digunakan, $d = \frac{3}{4} \text{ inch} = 1,91 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

Kekuatan tarik putus plat Bj 52, $F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $d = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Batang no. 1

$$P_{+1} = \frac{152841,22}{2}$$

$$= 76420,61 \text{ kg}$$

$$P_1 \cdot \cos 80^\circ = 76420,61 \cdot \cos 80^\circ$$

$$D_1 = 13270,30 \text{ kg}$$

$$P_1 \cdot \sin 80^\circ = 76420,61 \cdot \sin 80^\circ$$

$$N_1 = 75259,61 \text{ kg}$$

- Batang no. 30

$$P_{-30} = \frac{406075,03}{2}$$

$$= 203037,515 \text{ kg}$$

$$P_{30} \cdot \cos 80^0 = 203037,515 \cos 37^0$$

$$D_{30} = 162152,97 \text{ kg}$$

$$P_{30} \cdot \sin 80^0 = 203037,515 \cdot \sin 37^0$$

$$N_{30} = 122191,03 \text{ kg}$$

$$N_{\text{Total}} = 75259,61 - 122191,03$$

$$= -46931,42 \text{ kg (tekan)}$$

$$D_{\text{Total}} = 13270,30 + 162152,97$$

$$= 175423,27 \text{ kg}$$

- Kontrol kekuatan terhadap gaya tekan

$$\phi P_n \geq P_u \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342})$$

$$\phi P_n = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_u = 46931,42 \text{ kg}$$

$$F_{cr} = k \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b/t)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur}$$

Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1,
1992 : 342)

Dimana : E = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

k = koefisien jenis tumpuan, sendi – sendi = 1

μ = rasio poisson = 0,3

b/t = rasio lebar/tebal

$\phi = 0,75$ untuk desain tekan

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot (104 / 2,25)^2}$$

$$= 888,372 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = (104 \times 2,25)$$

$$= 234 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 888,372 \cdot 234$$

$$= 155909,286 \text{ kg}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$155909,286 > 46931,42 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w$$

$$A_w = (b - n \cdot d) \cdot t$$

$$= 0,6 \times 3600 \times (104 - 6 \cdot 2,01) \cdot 2,25$$

$$= 446828,4 \text{ kg}$$

$$V_u = 175423,27 \text{ kg} = D_{\text{Total}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$175423,27 \text{ kg} < 0,9 \cdot 446828,4 \text{ kg}$$

$$175423,27 \text{ kg} < 402145,56 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

B. Simpulan 2

Diameter baut yang digunakan, $D = \frac{3}{4} \text{ inch} = 1,91 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tarik putus Bj 52, $F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $\frac{3}{4} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned}A_g &= t \times b \\&= 2,25 \times 158,3 \\&= 356,175 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dimana : t = tebal plat simpul = 2,25 cm

- Luas bersih pelat :

$$\begin{aligned}A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\&= (158,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\&= 319,995 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

• Batang no. 2

$$\begin{aligned}P_{+2} &= \frac{427885,44}{2} \\&= 213942,72 \text{ kg} \\P_2 \cdot \cos 63^0 &= 213942,72 \cdot \cos 63^0 \\D_2 &= 97127,96 \text{ kg} \\P_2 \cdot \sin 63^0 &= 213942,72 \cdot \sin 63^0 \\N_2 &= 190624,36 \text{ kg}\end{aligned}$$

• Batang no. 32

$$\begin{aligned}P_{-32} &= \frac{348926,66}{2} \\&= 174463,33 \text{ kg} \\P_{32} \cdot \cos 53^0 &= 174463,33 \cdot \cos 53^0 \\D_{32} &= 104994,653 \text{ kg} \\P_{32} \cdot \sin 53^0 &= 174463,33 \cdot \sin 53^0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_{32} &= 139332,61 \text{ kg} \\
N_{\text{Total}} &= 190624,36 - 139332,61 \\
&= 51291,75 \text{ kg (tarik)} \\
D_{\text{Total}} &= 97127,96 + 104994,653 \\
&= 202122,613 \text{ kg}
\end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya tarik

- Kekuatan nominal plat terhadap pelelehan penampang bruto :

$$\begin{aligned}
\phi R_n &= \phi \cdot F_y \cdot A_g \\
&= 0,90 \cdot 3600 \cdot 356,175 \\
&= 1154007 \text{ kg}
\end{aligned}$$

- Kekuatan nominal plat terhadap retakan penampang bersih :

$$\begin{aligned}
\phi T_n &= \phi \cdot F_u \cdot A_e \\
&= 0,75 \cdot 5200 \cdot 319,995 \\
&= 1247980,5 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Dari hasil diatas diambil nilai terkecil yaitu $\phi R_n = 1154007 \text{ kg}$.

$$\phi R_n > T_u = N$$

$$1154007 \text{ kg} > 51291,75 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya geser

$$\begin{aligned}
V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w & A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\
&= 0,6 \times 3600 \times (158,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\
&= 691189,2 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$V_u = 202122,613 \text{ kg} = D_{\text{Total}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$202122,613 \text{ kg} < 0,9 \cdot 691189,2 \text{ kg}$$

$$202122,613 \text{ kg} < 622070,28 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$

C. Simpul 17

Diameter baut yang digunakan, $d = \frac{3}{4} \text{ inch} = 1,91 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

Kekuatan tarik putus plat, $F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $= 1,91 + 0,1$

$$= 2,01 \text{ cm}$$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 2,25 \times 140,3 \\ &= 315,675 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dimana : t = tebal plat simpul = 2,25 cm

- Luas bersih pelat :

$$\begin{aligned} A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\ &= (140,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\ &= 279,495 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

▪ Batang no. 16

$$\begin{aligned} P_{-16} &= \frac{298603,34}{2} \\ &= 149301,67 \text{ kg (sudut } 0^0) \end{aligned}$$

$$N_{16} = 149301,67 \text{ kg}$$

▪ Batang no. 16

$$P_{+31} = \frac{396459,00}{2}$$

$$=198229,5 \text{ kg}$$

$$P_{31} \cdot \cos 64^0 = 198229,5 \cdot \cos 64^0$$

$$N_{31} = 86898,09 \text{ kg}$$

$$P_{31} \cdot \sin 64^0 = 198229,5 \cdot \sin 64^0$$

$$D_{31} = 178167,49 \text{ kg}$$

$$N_{\text{Total}} = 149301,67 - 86898,09$$

$$= 62403,58 \text{ kg (tekan)}$$

$$D_{\text{Total}} = 178167,49 \text{ kg}$$

➤ Kekuatan terhadap gaya tekan

$\phi P_n \geq P_u$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku,

Jilid 1, 1992 : 342)

$$\phi P_n = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_u = 62403,58 \text{ kg} = N$$

$$F_{cr} = k \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b/t)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja}$$

Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 383)

Dimana : E = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

k = koefisien jenis tumpuan, sendi – sendi = 1

μ = rasio poison = 0,3

b/t = rasio lebar/tebal

ϕ = 0,75 untuk desain tekan

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot (140,3 / 2,25)^2} \\ &= 490,236 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,75 \cdot 490,236 \cdot 315,675 \\ &= 116066,437 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$116066,437 \text{ kg} > 62403,58 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

➤ Kekuatan terhadap gaya geser

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 3600 \times (140,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2.25 \\ &= 603709,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u = 178167,49 \text{ kg} = D$$

$$V_u < \phi V_n$$

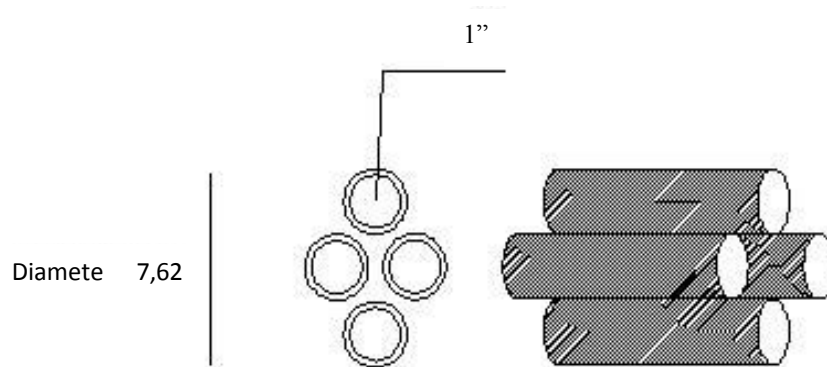
$$178167,49 \text{ kg} < 0,9 \cdot 603709,2 \text{ kg}$$

$$178167,49 \text{ kg} < 543338,28 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

3.12 Perhitungan Dimensi Penampang Kabel

Data dimensi kabel yang digunakan (lihat *Cabel Roof Structur* hal : 58).

Direncanakan menggunakan cabel sebagai berikut :



$$\text{Diameter} = 3/4'' \cdot 3 \text{ lapis} = 5,71 \text{ cm} = 0,057 \text{ m}$$

$$\text{Berat} = 1,18 \text{ lb/ft} = 1,756 \text{ kg/m}$$

$$= 1,756 \text{ kg/m} \times 4 \text{ strand}$$

$$= 7,024 \text{ kg/m}$$

$$\text{Breaking Strength} = 31 \text{ Ton} = 34000 \text{ Kg}$$

$$= 34000 \times 4 \text{ strand}$$

$$= 81600 \text{ Kg}$$

Akibat rongga – rongga pada saat menyatukan kabel maka breaking strength total mengalami penurunan sebesar 20% menjadi

$$= 81600 - (20\% \times 81600)$$

$$= 65280 \text{ Kg}$$

$$\text{Modulus elastisitas (E)} = 24000000 \text{ Psi (untuk } 1/2'' \text{ to } 2 \text{ 9/6}'')$$

$$= 16548000000 \text{ Kg/m}^2$$

Dari output Staad Pro diperoleh gaya axial cabel hanger (batang 85)

$$P_u = 52772,91 \text{ Kg.}$$

Kontrol tension kabel :

$$T_{\max} \leq \text{Breaking Strength}$$

$$(\text{Axial Kabel} + \text{Berat Kabel}) \leq \text{Breaking Strength}$$

$$52772,91 \text{ Kg} \leq 65280 \text{ Kg} \dots\dots\dots (\text{aman})$$

3.13 Sambungan Pada Kabel

3.13.1 Sambungan Antara Socket Dengan Gelagar Induk

- Kekuatan baut A 325 :

$$\text{- kekuatan bahan tarik (} F_u^b \text{) } = 120 \text{ ksi} = 827,371 \text{ MPa}$$

$$\text{- diameter baut } \varnothing 3/4'' = 1,905 \text{ cm}$$

$$\text{- diameter lubang baut } = 1,905 + 0,2 = 2,105 \text{ cm}$$

$$\text{- luas baut (} A_b \text{) } = 3,478 \text{ cm}^2$$

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 827,371) \cdot 3,478 \\ &= 161864,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 21$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 827,371) \cdot 1 \cdot 3,478 \\ &= 11222,626 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu desain :

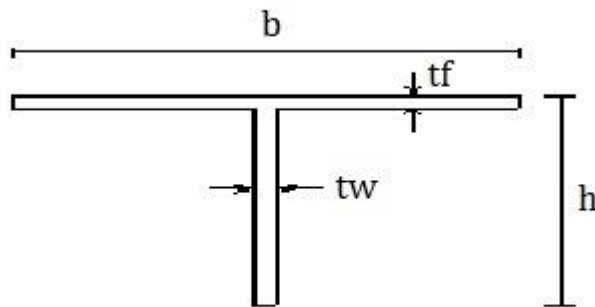
Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan badan gelagar pengaku yaitu 2,1 cm.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 19,05 \cdot 2,1 \cdot 5200) \\ &= 37444,68 \text{ kg}\end{aligned}$$

Diambil ϕR_n yang terkecil untuk menghitung jumlah baut yaitu ϕR_n penyambung geser = 11222,626 kg.

- Menentukan jumlah baut

Sambungan direncanakan menggunakan profil Tees ST 350 x 250 dengan data sebagai berikut :



$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 170 \text{ mm}$$

$$tw = 9 \text{ mm}$$

$$tf = 14 \text{ mm}$$

$$n = \frac{Pu}{\phi \cdot R_n}$$

dimana:

n = jumlah baut

P_u = gaya aksial yang bekerja (kg) = 31400 kg (batang 370)

$\phi \cdot R_n$ = factor kekuatan yang menentukan (kg)

$$n = \frac{52772,91}{11222,626}$$

$$= 4,702 \sim 16 \text{ baut}$$

- Menentukan jarak minimum baut

a. Jarak baut ke tepi plat

$$1,5 d - 3d = 1,5 \cdot 1,905 - 3 \cdot 1,905$$

$$= 2,86 \text{ cm} - 5,72 \text{ cm}$$

diambil jarak baut ke tepi plat = 5 cm

b. Jarak antar baut

$$3 d - 7d = 2,5 \cdot 1,905 - 7 \cdot 1,905$$

$$= 5,72 \text{ cm} - 13,34 \text{ cm}$$

diambil jarak antar baut 8 cm

- Perhitungan aksial ungkit

T = Gaya tarik terfaktor yang bekerja per baut

$$T = 52772,91/16$$

$$= 3298,307 \text{ kg}$$

$$2T = 2 \times 3298,307$$

$$= 6596,614 \text{ kg}$$

$$b = \frac{g}{2} - \frac{tw}{2} = \frac{10,26}{2} - \frac{0,9}{2} = 4,68 \text{ cm}$$

Nb : Estimasi ukuran g umum sebagai 4 inci ($4 \cdot 2,54 = 10,26 \text{ cm}$)

$$a = \text{jarak baut ke tepi plat} = 3 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{(w - d)}{w}$$

dimana : w = panjang penampang T

d = diameter baut

$$\delta = \frac{(250 - 19,05)}{250} = 0,924$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1\right) \frac{a'}{b'}$$

$$a' = a + \frac{d}{2} = 30 + \frac{19,05}{2} = 39,53 \text{ mm}$$

$$a' = b + \frac{d}{2} = 46,8 + \frac{19,05}{2} = 37,29 \text{ mm}$$

$$\beta = \left(\frac{161846,479}{6596,614} - 1\right) \frac{29,53}{37,29} = 5,956$$

$$\beta = 5,956 \geq 1, \text{ digunakan } \alpha = 1$$

- Menghitung Prying Force

$$\begin{aligned} Q &= T \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b}{a} \right) \\ &= 2445,159 \left(\frac{1,0,924}{1 + 1,0,924} \right) \left(\frac{4,68}{3} \right) \\ &= 1832,336 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M1 = \frac{Qa}{\alpha \delta} = \frac{183,336}{1,0,924} = 5949,145 \text{ kg.cm}$$

$$M2 = \alpha \cdot \delta \cdot M1 = 1 \cdot 0,924 \cdot 5949,154 = 5497,001 \text{ kg.cm}$$

- Syarat desain untuk tebal flens

$$t_f \geq \sqrt{\frac{4Tb}{\phi_b w F_y (1 + \alpha \delta)}}$$

$$1,4 \text{ cm} \geq 0,250 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

- Dua syarat desain yang harus dipenuhi :

1. Kontrol kekuatan momen flans penampang T

$$\phi M_n \geq M_1$$

$$\phi \frac{w t_f^2}{4} F_y \geq 15505,534 \text{ kg.cm}$$

$$0,9 \cdot \frac{25 \cdot 1,4^2}{4} 3600 \geq 5949,145 \text{ kg.cm}$$

$$9690 \text{ kg.cm} \geq 5949,145 \text{ kg.cm} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

2. Kontrol kekuatan Tarik baut

$$\phi R_n \geq B$$

Dimana, B adalah gaya beban terfaktor pada satu baut

$$B = T \left[1 + \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b}{a} \right) \right]$$

$$= 2445,759 \left[1 + \left(\frac{1,0,924}{1 + 1,0,924} \right) \left(\frac{4,68}{3} \right) \right]$$

$$= 4278,095 \text{ kg}$$

$$\phi R_n \geq B$$

$$16186,479 \text{ kg} \geq 4278,095 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

3.11 Perencanaan perletakan

A. Perletakan Sendi

1. Tebal Bantalan (S₁)

Direncanakan :

$$\begin{aligned} l &= L + 40 \\ &= 60 + 40 \\ &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$P_u = 406043,31 \text{ kg}$$

$$F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Bj 52, Buku Nova Hal. 211)}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot l}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (\text{Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W,}$$

Ir. Prof., hal 249)

$$= \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3 \cdot 406043,31 \cdot 100}{50 \cdot 0,90 \cdot 3600}}$$

$$= 13,71 \approx 14 \text{ cm}$$

2. Tebal Bantalan (S₂)

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot P_u \cdot l$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 406043,31 \cdot 100$$

$$= 5075541,375 \text{ kg cm}$$

$$W = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y}$$

$$= \frac{5075541,375}{0,9 \cdot 3600}$$

$$= 1566,53 \text{ cm}^3$$

Untuk harga S_2 , S_3 , S_4 , dipakai tabel Muller Breslaw :

Tabel Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : 249

$$\text{Diambil } \frac{h}{S_2} = 4; \frac{b}{a \cdot S_2} = 4,2$$

Dipakai jumlah rusuk (a) = 4 buah

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{h}{a \cdot S_3} = 4,2$$

$$S_3 = \frac{b}{4,2 \cdot a} = \frac{50}{4,2 \times 4} = 2,976 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$W = 0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$$

$$= 0,2251 \cdot 4 \cdot h^2 \cdot 3$$

$$W = 0,2701 \cdot h^2$$

$$1566,53 \text{ cm}^3 = 0,2701 \cdot h^2$$

$$h^2 = \frac{1566,53}{0,2701} = 579,98$$

$$h = \sqrt{579,98} = 24,08 \approx 24,5 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4 \rightarrow S_2 = \frac{25}{4} = 6,25 \sim 6,5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{25}{6} = 4,17 \sim 5 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9} = \frac{25}{9} = 2,78 \approx 3 \text{ cm}$$

3. Garis Tengah Sumbu Sendi

$$\frac{1}{2} d_1 = \frac{0,8.P}{\phi.fy.L} \quad (\text{Struyk H., J. Ir., van der Veen K. H. C. W,}$$

Ir. Prof., hal 250)

$$= \frac{0,8.406043,31}{0,90.3600.100}$$

$$\frac{1}{2} d_1 = 1,003 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0,501 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$$

untuk d_1 minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4} x d_1$$

$$= \frac{1}{4} x 7$$

$$= 1,75 \approx 2 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$

B. Perletakan Rol

- Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}l &= L + 40 \\&= 60 + 40 \\&= 100 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$P_u = 406001,09 \text{ kg}$$

- Tebal bantalan :

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (\text{Struyk H.,J.,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.}$$

Prof., hal 250)

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot 406001,09 \cdot 100}{50 \cdot 0,90 \cdot 3600}}$$

$$= 13,71 \approx 14 \text{ cm}$$

- Diameter rol :

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot (\phi \cdot f_u)^2} \quad (\text{Struyk H.,J.,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.}$$

Prof., hal 250)

$$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ tegangan putus untuk A529}$$

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{406001,09}{100 \cdot (0,9 \cdot 8500)^2}$$

$$= 52,03 \text{ cm} \approx 53 \text{ cm}$$

- Tebal bibir rol :

d_6 = diambil sebesar 2,5 cm

- Tinggi total rol :






$$\begin{aligned}d_5 &= d_4 + 2 \cdot d_6 \\&= 53 + 2 \cdot 2,5 \\&= 58 \text{ cm}\end{aligned}$$

BAB IV

KEBUTUHAN BAHAN






4.1 Profil Baja

A. Gelagar Memanjang





 Profil yang digunakan	= 300 x 300 x 10 x 15
 Berat profil	= 94 kg/m
 Panjang bentang	= 60 m
 Jumlah batang	= 6 buah
 Berat gelagar memanjang	= 94 x 60 x 6
	= 33840 kg

B. Gelagar Melintang

1. Batang Bawah

 Profil yang digunakan	= 700 x 300 x 13 x 24
 Berat profil	= 185 kg/m
 Panjang bentang	= 9 m
 Jumlah batang	= 16 buah
 Berat gelagar melintang	= 185 x 9 x 16
	= 26640 kg

2. Batang Atas Tengah

 Profil yang digunakan	= 150 x 150 x 7 x 10
 Berat profil	= 31,52 kg/m
 Panjang bentang	= 9 m
 Jumlah batang	= 12 buah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat gelagar melintang} &= 31,52 \times 9 \times 12 \\
 &= 3404,16 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Batang Atas Tepi

$$\begin{aligned}
 \text{Profil yang digunakan} &= 200 \times 200 \times 8 \times 11 \\
 \text{Berat profil} &= 45,74 \text{ kg/m} \\
 \text{Panjang bentang} &= 9 \text{ m} \\
 \text{Jumlah batang} &= 3 \text{ buah} \\
 \text{Berat gelagar melintang} &= 45,74 \times 9 \times 3 \\
 &= 1234,98 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

C. Gelagar Induk






1. Batang Bawah

$$\begin{aligned}
 \text{Profil yang digunakan} &= 400 \times 400 \times 45 \times 70 \\
 \text{Berat profil} &= 604,67 \text{ kg/m} \\
 \text{Panjang bentang} &= 4 \text{ m} \\
 \text{Jumlah batang} &= 30 \text{ buah} \\
 \text{Berat gelagar induk} &= 604,67 \times 4 \times 30 \\
 &= 72560,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Batang Atas






$$\begin{aligned}
 \text{Profil yang digunakan} &= 400 \times 400 \times 45 \times 70 \\
 \text{Berat profil} &= 604,67 \text{ kg/m} \\
 \text{Panjang bentang} &= 4 \text{ m} \\
 \text{Jumlah batang} &= 28 \text{ buah} \\
 \text{Berat gelagar induk} &= 604,67 \times 4 \times 28 \\
 &= 67723,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Batang Diagonal






 Profil yang digunakan	= 400 x 400 45 x 70
 Berat profil	= 604,67 kg/m
 Panjang bentang	= 5,38 m
 Jumlah batang	= 60 buah
 Berat gelagar induk	= 604,67 x 5,385 x 60 = 195368,877 kg

D. Ikatan Angin

1. Batang Bawah

 Profil yang digunakan	= L11011010
 Berat profil	= 16,5 kg/m
 Panjang bentang	= 6,02 m
 Jumlah batang	= 28 buah
 Berat ikatan angin	= 16,5 x 6,02 x 28 = 2781,24 kg

2. Batang Atas

 Profil yang digunakan	= L11011010
 Berat profil	= 16,5 kg/m
 Panjang bentang	= 6,02 m
 Jumlah batang	= 24 buah
 Berat ikatan angin	= 16,5 x 6,02 x 24 = 2383,92 kg

3. Batang Atas Tengah

✚ Profil yang digunakan	= 200 x 200 x 8 x 11
✚ Berat profil	= 45,74 kg/m
✚ Panjang bentang	= 6,02 m
✚ Jumlah batang	= 4 buah
✚ Berat ikatan angin	= 45,74 x 6,02 x 4
	= 1101,42 kg





E. Pipa Sandaran

✚ Diameter	= 76,3 mm
✚ Berat	= 5,08 kg/m
✚ Luas	= 6,465 m
✚ Tebal	= 2,8 mm
✚ Panjang	= 60 m
✚ Berat pipa	= 5,08 x 60 x 4
	= 1219,2 kg





$$\begin{aligned}\text{Berat kebutuhan bahan total} &= 33840 \text{ kg} + 26640 \text{ kg} + 3404,16 \text{ kg} + 1234,98 \\ &\quad \text{kg} + 72560,4 \text{ kg} + 67723,04 \text{ kg} + 195368,877 \\ &\quad \text{kg} + 2781,24 \text{ kg} + 2383,92 \text{ kg} + 1101,42 \text{ kg} + \\ &\quad 1219,2 \text{ kg} \\ &= 408257,237 \text{ kg}\end{aligned}$$

4.2 Kebutuhan Baut dan Plat Simpul





A. Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

 Ukuran baut yang digunakan	= 7/8 inch
 Jumlah titik simpul	= 95 buah
 Jumlah baut tiap simpul	= 4 x 4 buah
 Jumlah baut	= 4 x 4 x 95 = 1520 buah



B. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk (bagian bawah)

 Ukuran baut yang digunakan	= 7/8 inch
 Jumlah titik simpul	= 32 buah
 Jumlah baut tiap simpul	= 3 x 6 buah
 Jumlah baut	= 3 x 6 x 32 = 576 buah

C. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk (bagian atas)

 Ukuran baut yang digunakan	= 1/2 inch
 Jumlah titik simpul	= 30 buah
 Jumlah baut tiap simpul	= 3 x 2 buah
 Jumlah baut	= 3 x 2 x 30 = 180 buah

D. Sambungan Simpul Ikatan Angin Profil WF 200 x 200 x 8 x 11

 Ukuran baut yang digunakan	= 1/2 inch
 Jumlah baut	= (8 x 4 buah) + 16 buah = 48 buah

E. Sambungan Simpul Ikatan Angin Profil L11011010

Ukuran baut yang digunakan = 1/2 inch

Jumlah baut = (104 x 2 buah) + (26 x 12 buah)
= 520 buah

F. Sambungan Gelagar Induk

Ukuran baut yang digunakan = 3/4 inch

Tabel 4.1 Kebutuhan baut pada sambungan gelagar induk

Titik Simpul	Kebutuhan Baut (buah)			Kebutuhan Baut (buah)
	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Diagonal	
1		16	36	52
2		60	72	132
3		80	72	152
4		80	72	152
5		80	72	152
6		80	72	152
7		80	72	152
8		80	72	152
9		80	72	152
10		80	72	152
11		80	72	152
12		80	72	152
13		80	72	152
14		80	72	152
15		60	72	132

16		16	36	52
17	32		72	104
18	64		72	136
19	64		72	136
20	64		72	136
21	64		72	136
22	64		72	136
23	64		72	136
24	64		72	136
25	64		72	136
26	64		72	136
27	64		72	136
28	64		72	136
29	64		72	136
30	64		72	136
31	32		72	104
Total kebutuhan baut				4168

Jadi total kebutuhan baut :

 **Ukuran 1/2 inch = 748 buah**

 **Ukuran 3/4 inch = 4168 buah**

 **Ukuran 7/8 inch = 2096 buah**

G. Kebutuhan Plat Simpul

$$\text{+} \text{ Tebal plat 2,25 cm} = 10\% \times 335652,317$$

$$= 33565,232 \text{ kg}$$

$$\text{+} \text{ Tebal plat 1,0 cm} = 10\% \times 30766,58$$

$$= 3076,658 \text{ k}$$

4.3 Kebutuhan Bahan Untuk Lantai Kendaraan dan Trotoir

4.3.1 Kebutuhan Besi Tulangan (Fy 260 Mpa)

$$1 \text{ Lonjor} = 12 \text{ m}$$

$$\text{+} \text{ Tulangan pokok D16 - 150 mm}$$

$$\text{Panjang total tulangan} = \left[\left(\frac{60,0}{0,15} \times 9,0 \right) + \left(\frac{9,0}{0,15} \times 60,0 \right) \right]$$

$$= 7200 \text{ m}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{7200}{12}$$

$$= 600 \text{ lonjor}$$

$$\text{+} \text{ Tulangan bagi } \phi 10 - 200 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang total tulangan} = \left[\left(\frac{60,0}{0,20} \times 9,0 \right) + \left(\frac{9,0}{0,20} \times 60,0 \right) \right]$$





$$= 5400 \text{ m}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{5400}{12}$$





$$= 450 \text{ lonjor}$$

4.3.2 Kebutuhan Beton ($f'_c = 30 \text{ Mpa}$)

1. Lantai Kendaraan

 Lebar lantai	= 7,0 m
 Panjang lantai	= 60,0 m
 Tebal lantai	= 0,25 m
 Volume beton	= $7,0 \times 60,0 \times 0,25$ = 105 m^3

2. Lantai Trotoir

 Lebar lantai	= $2 \times 1,0 \text{ m}$ = 2,0 m
 Panjang lantai	= 60,0 m
 Tebal lantai	= 0,55 m
 Volume beton	= $2,0 \times 60,0 \times 0,55$ = 66 m^3

$$\begin{aligned}\text{Jadi total kebutuhan beton} &= 105 + 66 \\ &= 171 \text{ m}^3\end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan :

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jenis-jenis profil yang digunakan dalam perencanaan jembatan pelengkung tersebut antara lain :
 - Profil WF 300 x 300 x 10 x 15 di pakai sebagai gelagar memanjang.
 - Profil WF 700 x 300 x 13 x 24 di pakai sebagai gelagar melintang.
 - Profil WF 400 x 400 x 18 x 28 di pakai sebagai gelagar induk.
 - Profil LD L 90 x 90 x 9 di pakai sebagai ikatan angin.
2. Kabel yang digunakan sebagai penggantung (yang menghubungkan antara gelagar induk bawah dengan gelagar pelengkung) adalah kabel dengan diameter 7,62 cm yang terdiri dari beberapa kawat/strand dengan Breaking strength = 195200 kg .
3. Sambungan antara profil baja dengan kabel menggunakan Open strand sockets dengan diameter 7/8 inch.
4. Pada perencanaan jembatan dengan menggunakan rangka baja tipe lengkung pada Jembatan desa tagul kecamatan sembakung nunukan Kalimantan utara didapatkan berat total profil baja yang dibutuhkan sebagai konstruksi yaitu sebesar 408257,237 kg.

Saran :

Saran penulis adalah sebagai berikut :

1. Sebelum merencanakan suatu struktur jembatan sebaiknya memperhatikan model-model struktur yang akan dipilih.
2. Analisa dengan menggunakan program bantu STAAD Pro 2004 sangat tepat dalam menganalisa suatu struktur jembatan rangka baja tipe pelengkung, sebab waktu yang diperlukan akan lebih singkat dengan tingkat kesalahan yang relative sangat kecil dari perhitungan secara manual.
3. Profil yang dipakai sebaiknya menggunakan profil yang sejenis supaya tidak menimbulkan eksentrisitas yang ekstrim.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

Nama

: Joel de Jesus

Nim

: 11.21.027

Program Studi

: Teknik Sipil S-1

Dosen Pembimbing II

: Muh.Erfan, ST,MT



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	29/7/2016	- prof ^{dr} g. manan ^{ing} di ^{per} ker ^{at} . - dr ^g Mu g ^{er} agar meli ^{ny} . - dr ^g k ^{er} nel Ma ^{yo} ra ⁿ g ^{er} agar meli ^{ny} .	



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

Nama

: Joel de Jesus

Nim

: 11.21.027

Program Studi

: Teknik Sipil S-1

Dosen Pembimbing I

: Ir. H. Sudirman Indra.,MSc.



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	23.01.06	- Lembari Subur. Haji paku paku Lutan - Quik- ke paku gdl. mang + Mei.	✗
	27.01.06	Samuel G. Yor (Haji Pace	✗
	1.02.06	- But kump + Yor Haji Paku. - Datar paku	✗

3/8. Re y. Yin TA

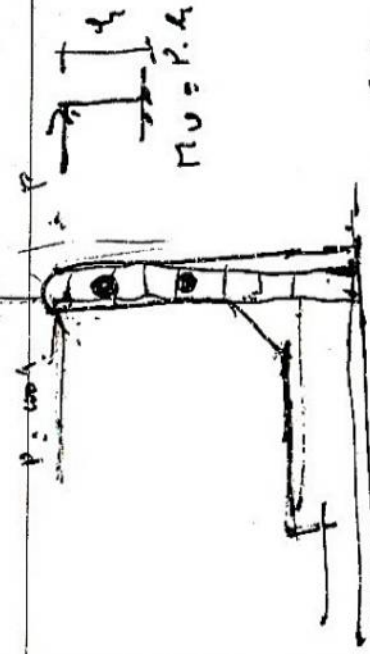
✗



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

Nama : Joel De Jesus
Nim : 11.21.027
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. H. Sudirman Indra, Msc

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	30-11-2016	 <p>oke lanjut ke Pabel Rd- Luthi & Gel. list Pabel di Pabayan</p>	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **JOEL DE JESUS**
NIM : **11.21.027**
Program Studi : **TEKNIK SIPIL S-1**
Fakultas : **TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TIPE LENGKUNG
DENGAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL
KECEMATAN SEMBAKUNG KABUPATEN NUNUKAN
KALIMANTAN UTARA”**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, September 2016

Yang membuat pernyataan

(JOEL DE JESUS)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS : PROPOSAL SKRIPSI

Nama : Joel De Jesus
Nim : 11.21.027
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT.



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
		perulken e atatan a e e proposal	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

Nama

: Joel De Jesus

Nim

: 11.21.027

Program Studi

: Teknik Sipil S-1

Dosen Pembimbing I

: Ir. H. Sudirman Indra., MSc.



TUGAS : PROPOSAL SKRIPSI

LEMBAR ASISTENSI

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	$\frac{23}{10} 015$	Buat matriks lin sementer g pascaku M & pascaku KSTH D & pascaku	
	$\frac{26}{10} 015$	- Cek gip bingkai gip bingkai - Pak. pascaku B. RSTH 2002 pascaku	



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG STRUKTUR

Nama : JOEL DE JESUS

NIM : 1121027

Hari / tanggal : Kamis, 29 - 10 - 2015

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

- Langkah gfr. semen struktur jembetan 48
dan dilakas < m torsi >
- Dippen dan betulhan

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 12 - 11 - 2015

Dosen Pembahas

Malang, 29 - 10 - 2015

Dosen Pembahas

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG STRUKTUR

Nama : JOEL DE YESUS

NIM : 11.21.027

Hari / tanggal : Senin, 7-12-2015

Perbaikan materi Pendahuluan Skripsi meliputi :

- Lengkapi metode pelaksanaan estle jembatan in
- Cek berat jenis beton menurut peraturan yg dipakai
- Ket. perbaikan literatur tabel brig
- Pelajari puh. & perpesta ans² yg depole-
- sa puh. tiap mawon.

Malang, 7-12-2015
Dosen Pembahas

(A. Agus Santosa.)



CATATAN REVISI SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
SEMESTER GENAP 2015/2016

Nama : Joel da Jesus

NIM : 11.21.027

Judul : _____

- Perch. kontrol tabel plat sipil
(gbr. plat awal. plat sipil atz.)

Malang, 29-11-2016
Disetujui,

(
)

Malang, 13-11-2016
Dosen Penguji,

(A. Agus Santosa)

- Skripsi harus dikumpulkan di Studio Sipil paling lambat tanggal 25 Agustus 2016 dengan melampirkan catatan revisi yang sudah di setujui oleh Dosen Penguji, sebagai persyaratan Yudisium.



INSTITUT
TEKNOLOGI
NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-
gura 2 Malang

SEMINAR SKRIPSI TAHAP III

PRODI TEKNIK SIPIL S-1

CATATAN REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Struktur

Nama : JOEL DE JESUS
NIM : 11.21.027
Hari / tanggal : Selasa 19-07-2016
Judul Skripsi :

- gambar 3.3, gejala-gejala yang terjadi, gejala-gejala yang terjadi
gejala-gejala, keadaan angin
- Berupa gambar di gejala-gejala & melintang saja
→ dan pas (T)
- Belum ada perhitungan gejalanya (rangka)
- Kiripkan → lihat Rumusan Masalah

Telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 22-08-2016, 2016
Disetujui,

Malang, 19-07-2016
Dosen Pembahas,

(Eding)

Pengumpulan berkas untuk ujian skripsi harus menyertakan lembar ini yang sudah ditandatangani/disetujui oleh Dosen Pembahas.



CATATAN REVISI SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL SI
SEMESTER GENAP 2015/2016

Nama : JOEL DEKUS
NIM : 1121027
Judul :

- ✓ Kata pengantar
 - ✓ Abstraksi - salah format
 - ✓ Bereskan pembahasan, salah
 - ✓ qdex perhitungan pelat lantai
 - ✓ Beban T : - - - apa & untuk apa (paham)
 - ✓ Baca SM nya
 - ✓ Shear Connector → mana
 - ✓ landutan qd. Pelantar
 - ✓ qd. Momenang & Melintang disebut
 - ✓ Penampang apa $\frac{b}{t}$
 - ✓ Kekuatan Balok
 - $m = \dots$ apa dan brapa
 - ✓ Kontrol apa dan brapa
 - ✓ Berapanya prinsipnya
 - ✓ Sengkang label
- Malang, 2016

Disetujui,

(Bambang W.)

Malang, 2016
Dosen Penguji,

(Bambang W.)

- Skripsi harus dikumpulkan di Studio Sipil paling lambat tanggal 25 Agustus 2016 dengan melampirkan catatan revisi yang sudah di setujui oleh Dosen Penguji, sebagai persyaratan Yudisium.



FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-318/ I. TA/21/2016

27 Juni, 2016

Lampiran

: -

Perihal

: **Bimbingan Skripsi**

Kepada Yth

: **Bpk Moh. Erfan, ST, MT.**

Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

M A L A N G

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Joel De Jesus**

Nim : **11.21.027**

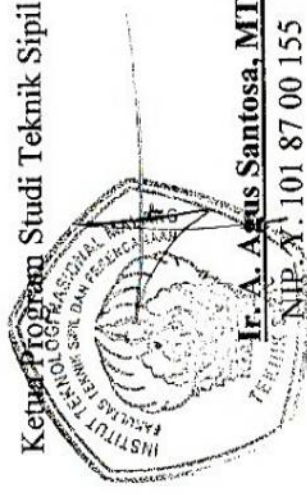
Prodi : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan mendampingi Ujian Skripsi dengan judul : ”
Studi alternative perencanaan struktur atas jembatan rangka menggunakan tipe lengkung dengan metode LRFD pada jembatan Desa Tagul Kecamatan Sembakung Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara.”.

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi. Waktu penyelesaian skripsi tersebut ³/₄ **10 September 2016**. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya. Proses bimbingan dilakukan minimal 1 (satu) kali dalam 1 (satu) minggu bertempat di Studio Skripsi Program Studi Teknik Sipil.

Demikian atas perhatiannya di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)

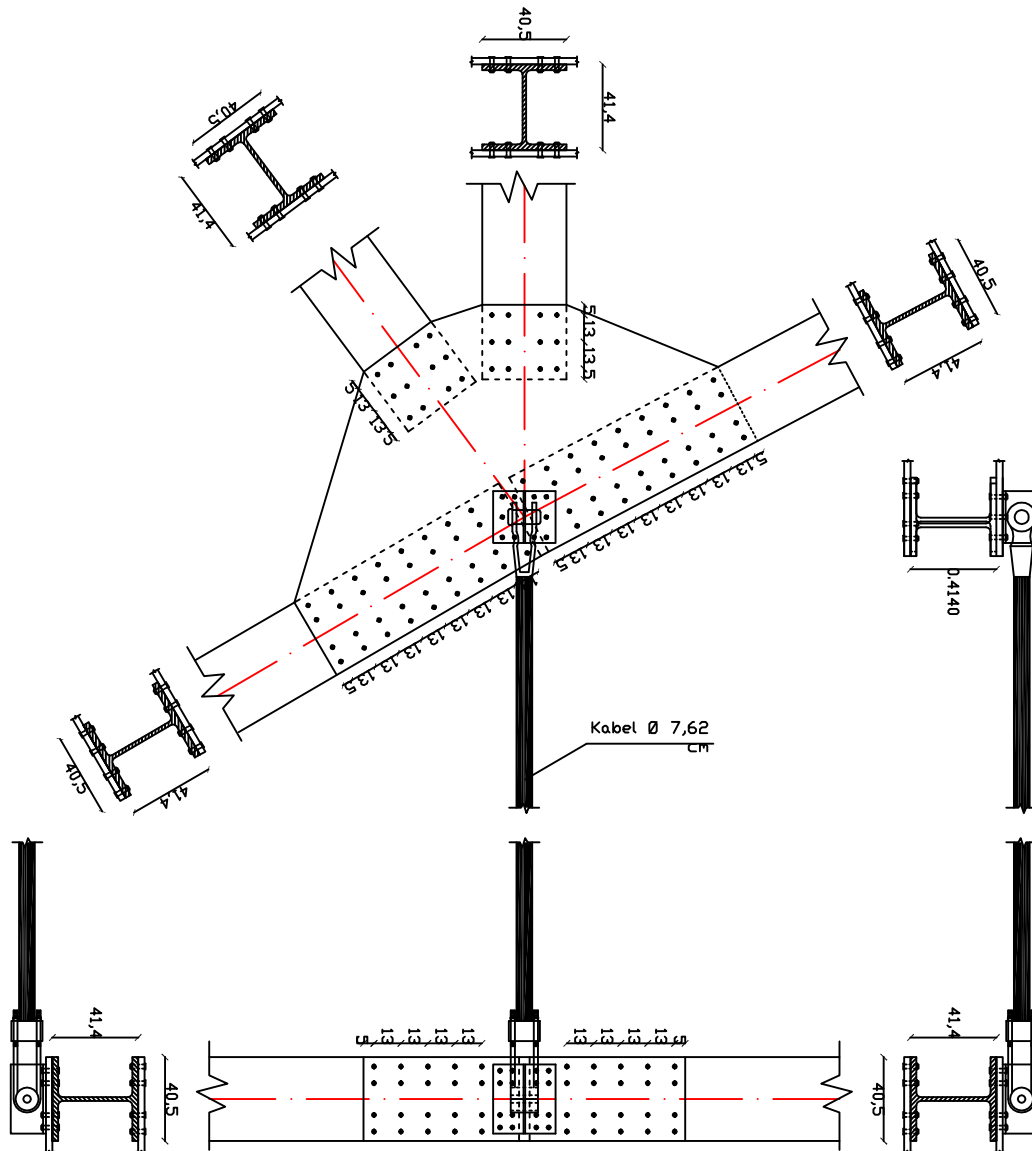


Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip.


DAFTAR PUSTAKA

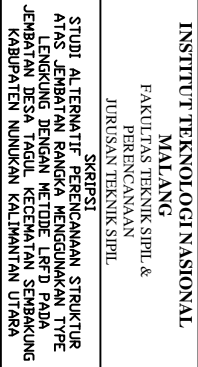
- Agus Setiawan, 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Anonim., *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Structural*, SNI-1729-2015., Jakarta
- Anonim, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847 – 2013,. Jakarta
- Anonim, 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*, RSNI T-02-2005, Jakarta. Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Salmon, CG. Jhonson, JE. 1992. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku Jilid I*, Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Stryuk, H.J. Van Deer Veen, H.K.J.W, 1995. *Jembatan Terjemahan Soemargono*, Jakarta, PT. Pradnya Paramita.
- Sunggono kh, V, Ir, 1995. *Buku Teknik Sipil*, Bandung, Penerbit Nova.



SAMBUNGAN GELAGAR DENGAN KABEL

Skala 1 :
25

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TYPE LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKUNG KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA		DIGAMBAR : JOEL DE JESUS NIM :11.21.027	
	URAIAN :		NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN GELAGAR INDUK DENGAN KABEL	DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 : _____
			TANGGAL : No Gambar : 16	
			Skala : 1 : 25	



URAIAN:

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS	NIM :
NAMA GAMBAR :	
SAMBUNGAN GELAGAR INDIK	
Tanggal :	
No Gambar :	
Skala : 1 : 20	

11.21.027	
Dosen Pembimbing 1 :	Dosen Pembimbing 2 :
_____	_____

Skala 1 :
20



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MAJALANG

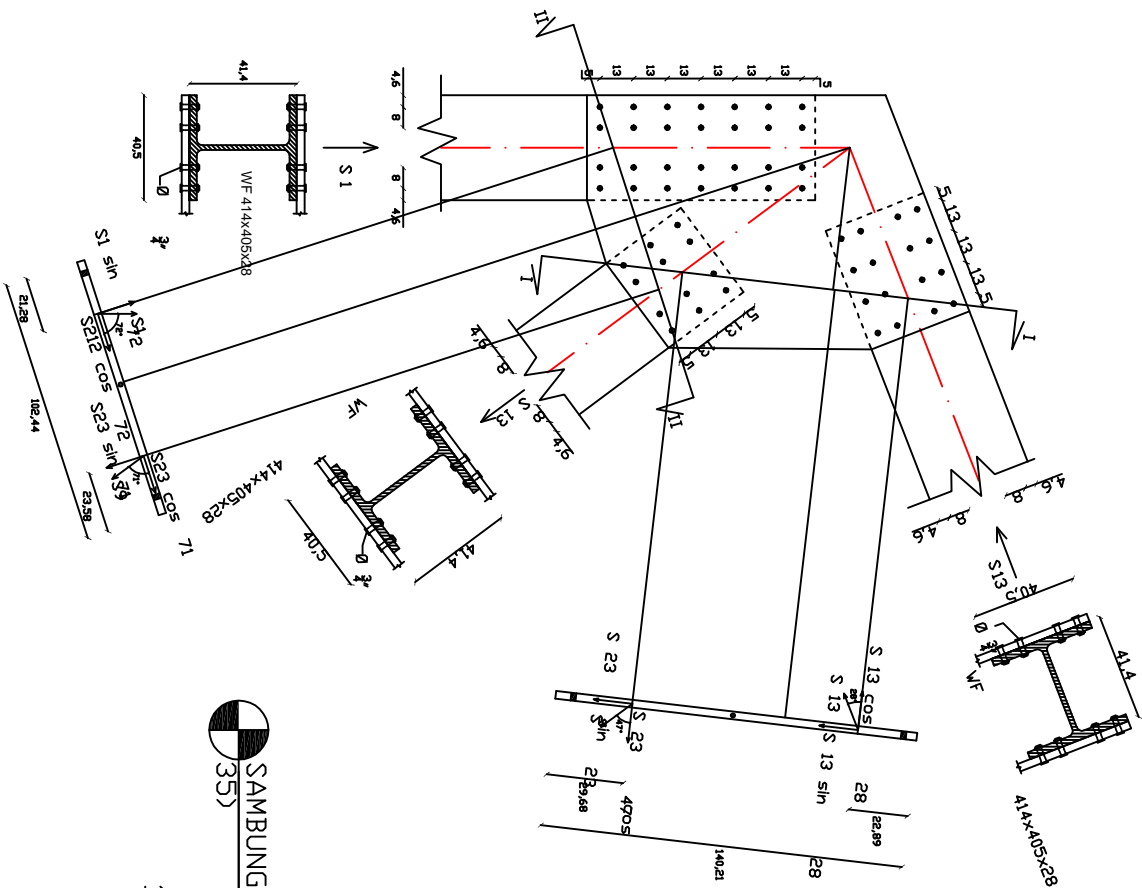
FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR
ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TYPE
LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA
JEMBATAN DESA TAGUL, KECAMATAN SEMBAKING
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

URAIAN :



SAMBUNGAN GELAGAR INDUK (JOINT)

Skala
1:20

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS NIM : 11.21.027

NAMA GAMBAR :

SAMBUNGAN GELAGAR INDUK

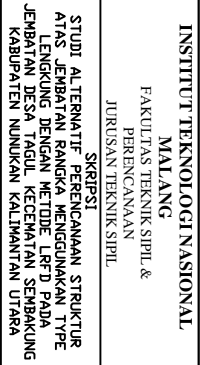
Tanggal :

No Gambar :

Skala : 1 : 20

DOSAN PEMBIMBING 1 :

DOSAN PEMBIMBING 2 :



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

URAIAN:

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS	NIM : 11.21.027
NAMA GAMBAR :	

SAMBUNGAN GELAGAR INDUK

DOSEN PEMBIMBING 1: **DOSEN PEMBIMBING 2:**

DOSEN PEMBIMBING 2 :

No Gambar :

Skala : 1 : 20



SAMBUNGAN GELAGAR INDUK JOINT
/41) Skala 1 :
20



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MAJALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI
STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR
ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TYPE
LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA
JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKING
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

URAIAN:

DIGAMBAR : JOEL DEJESUS NIM : 1121.027

NAMA GAMBAR:

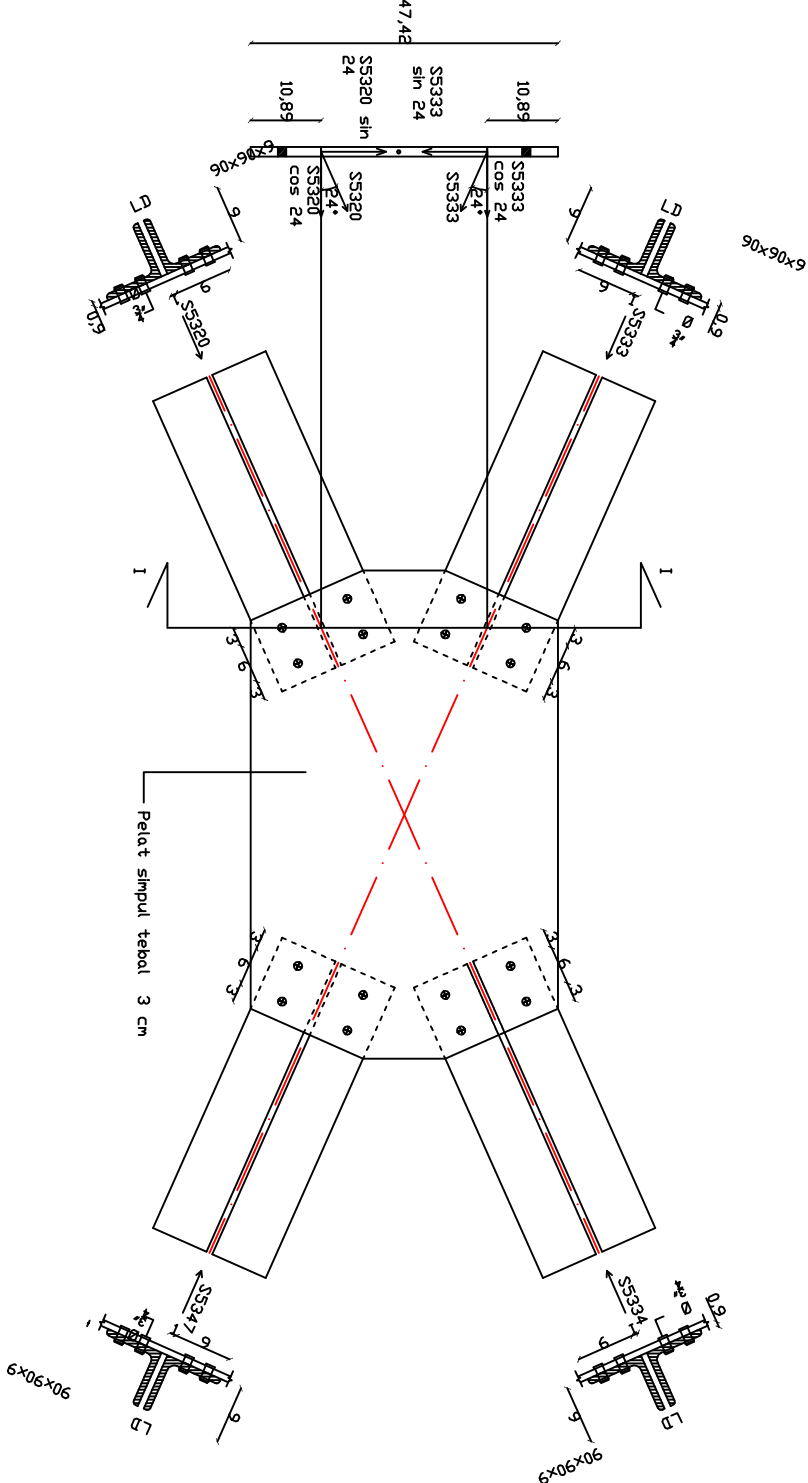
SAMBUNGAN IKATAN ANGIN TENGAH

DOSAN PEMBIMBING 1 :

DOSAN PEMBIMBING 2 :

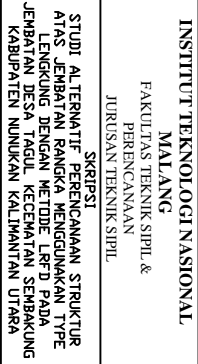
No Gambar :

Skala : 1 : 8



SAMBUNGAN IKATAN ANGIN ATAS (JOINT)

Skala 1/8



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR
ATAS JEMBATAN RANCA MENGGUNAKAN TYPE
LENGKUNG DENGAN METODE LRPD PADA
JEMBATAN DESA TAGIL KECEMATAN SEMBANGUNG
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

UKRAINIAN:



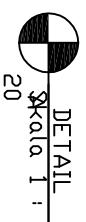
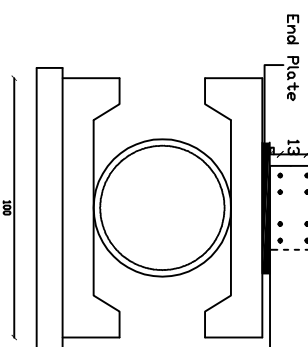
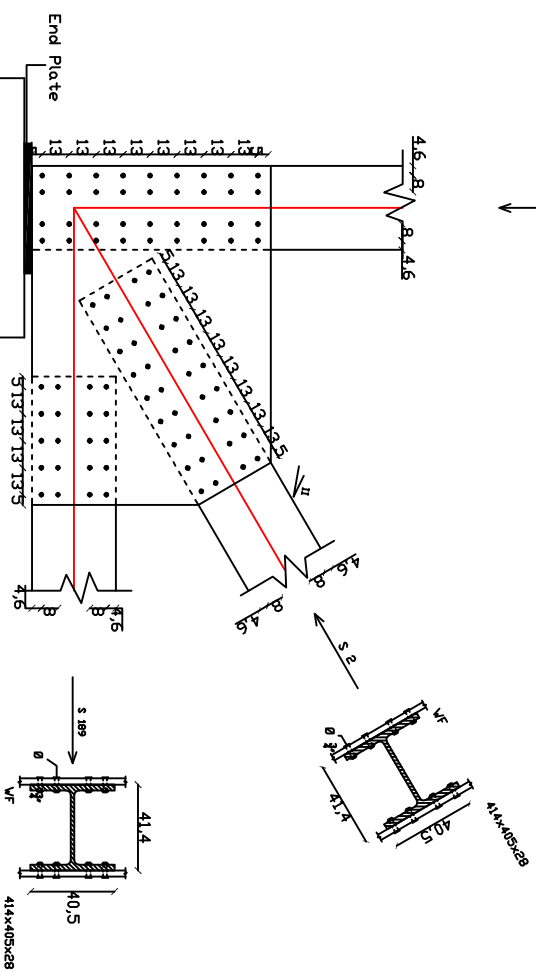
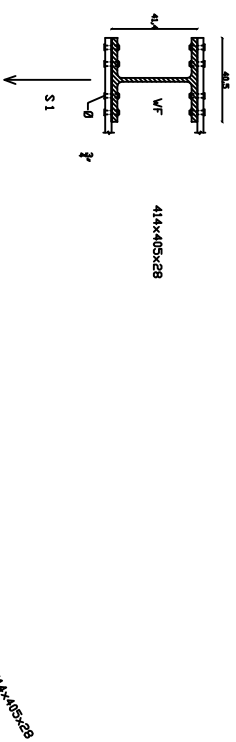
DIGAMBAR : JOEL DE JESUS NIM : 11.21.027

NAMA GAMBAR:
DETAIL B

DOSEN PEMBIMBING 1 :

DOSEN PEMBIMBING 2 :

No Gambar :	
Skala	:1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

URAIAN:

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS NIM : 11.21.027

NAMA GAMBAR:
DETAIL A

DOSSEN PEMBIMBING 1 : DOSSEN PEMBIMBING 2 :

Tanggal :

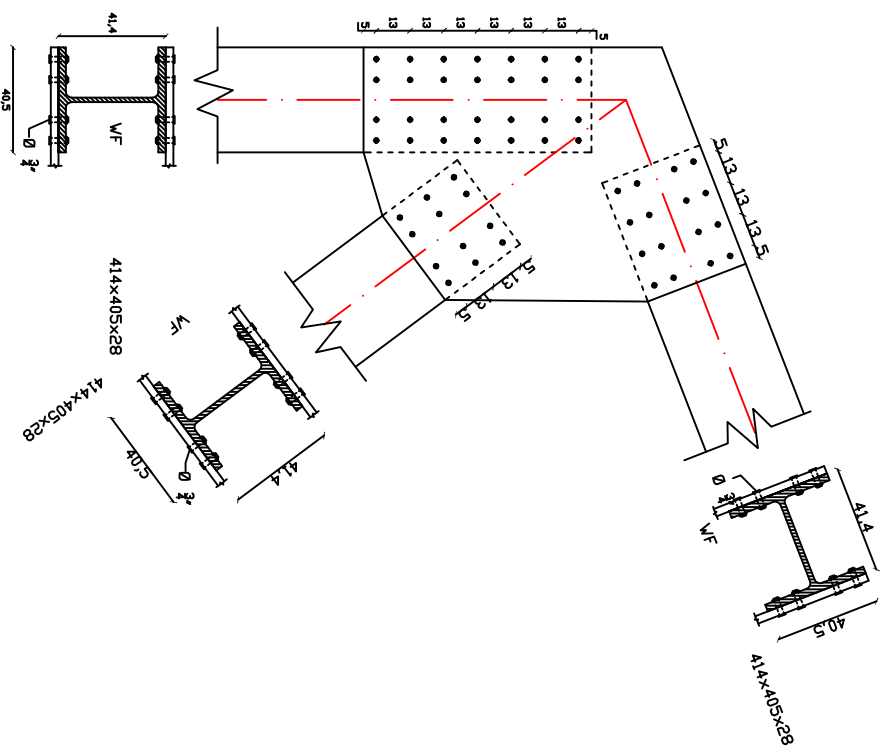
No Gambar :

Skala : 1 : 20

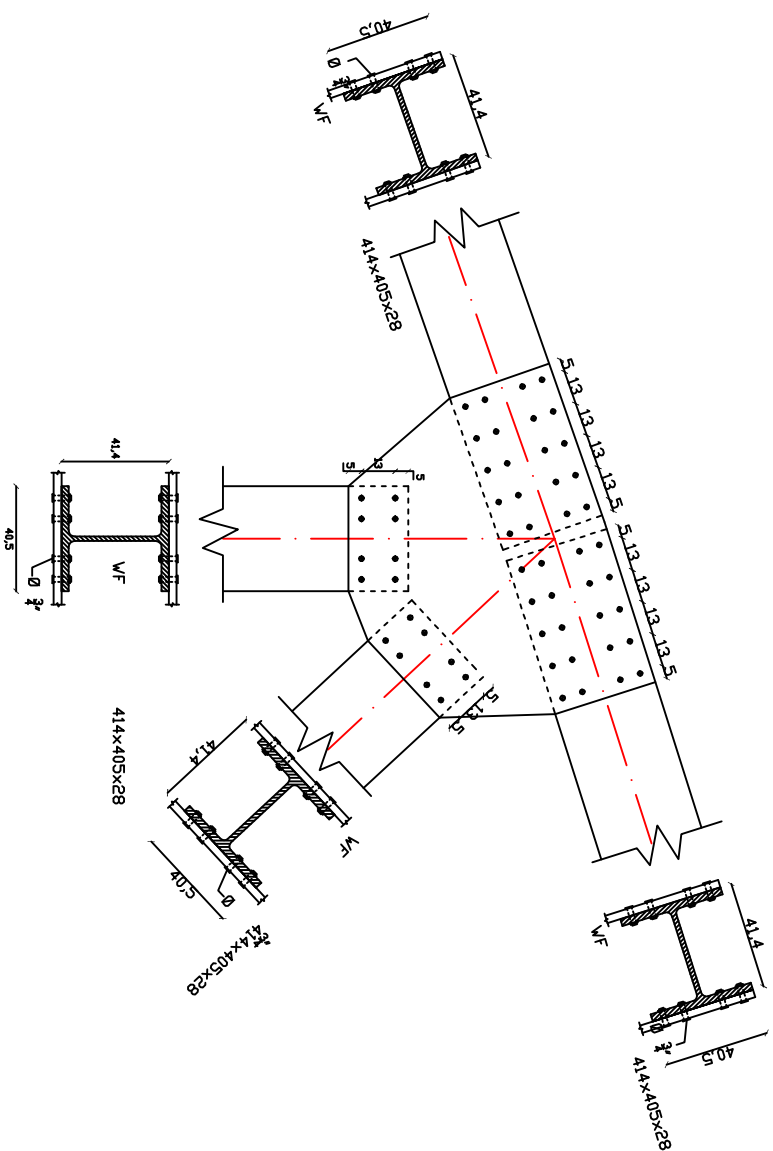
2

2





DETAIL C
Skala 1 :
20



DETAIL D
Skala 1 :
20



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MAI LANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR
ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TYPE
LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA
JEMBATAN DESA TAGUL KECEMATAN SEMBAKING
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

URAIAN :

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS

NIM : 11.21.027

NAMA GAMBAR :

DETAIL C DAN D

DOSSEN PEMBIMBING 1 :

DOSSEN PEMBIMBING 2 :

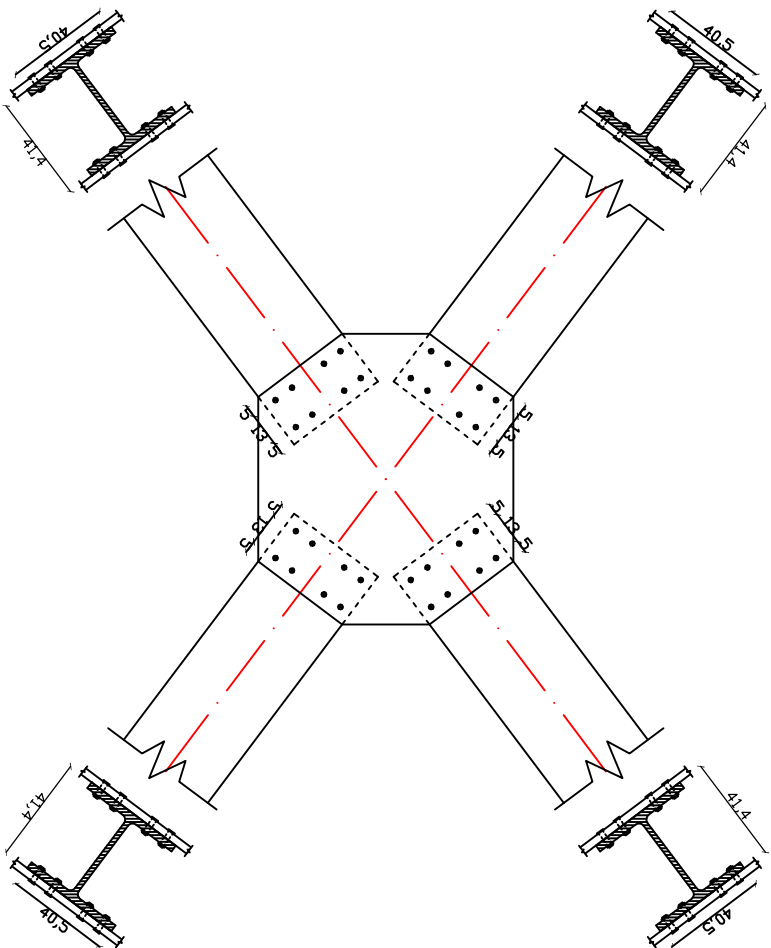
Tanggal :

No Gambar : 18

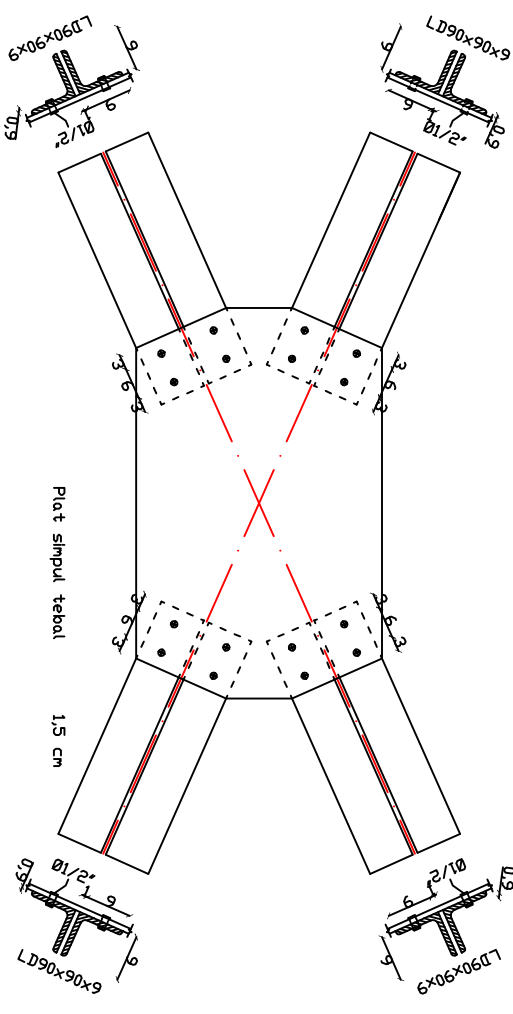
Skala : 1 : 24

_____ 2

_____ 2



DETAIL
Skala 1 :
20



DETAIL
Skala 1 :
10



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR
ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TYPE
LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA
JEMBATAN DESA TAGUL, KECAMATAN SEMBAKUNG
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

URAIAN:

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS NIM : 11121027

DOSSEN PEMBIMBING 1 :

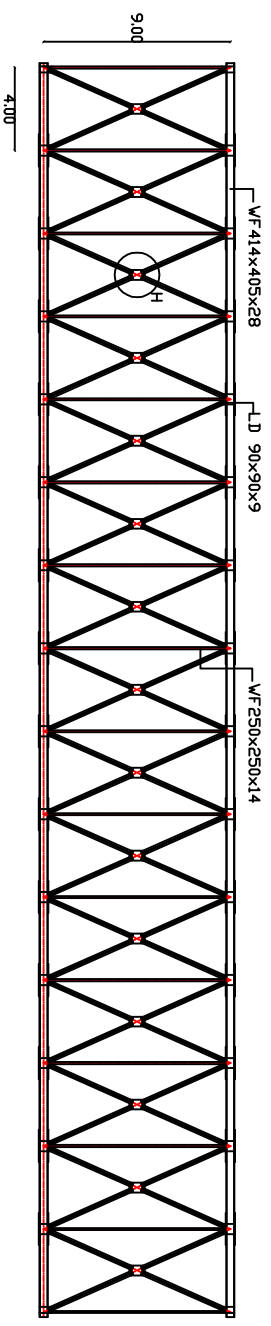
DOSSEN PEMBIMBING 2 :

NAMA GAMBAR:
DETAIL E DAN F

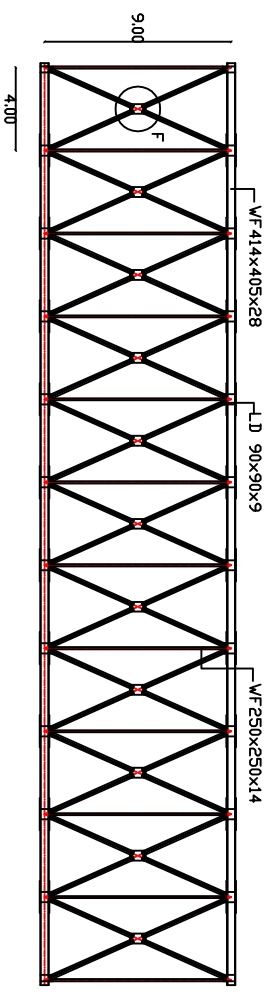
Tanggal :

No Gambar :

1 : 20
Skala 1 : 10



IKATAN ANGIN ATAS
SKALA 1 : 250



IKATAN ANGIN
BAWAH
SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI
STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR
ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TYPE
LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA
JEMBATAN DESA TAGUL, KECAMATAN SEMAKUNG
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

URAIAN :

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS NIM : 1121.027

NAMA GAMBAR :
IKATAN ANGIN ATAS DAN
BAWAH

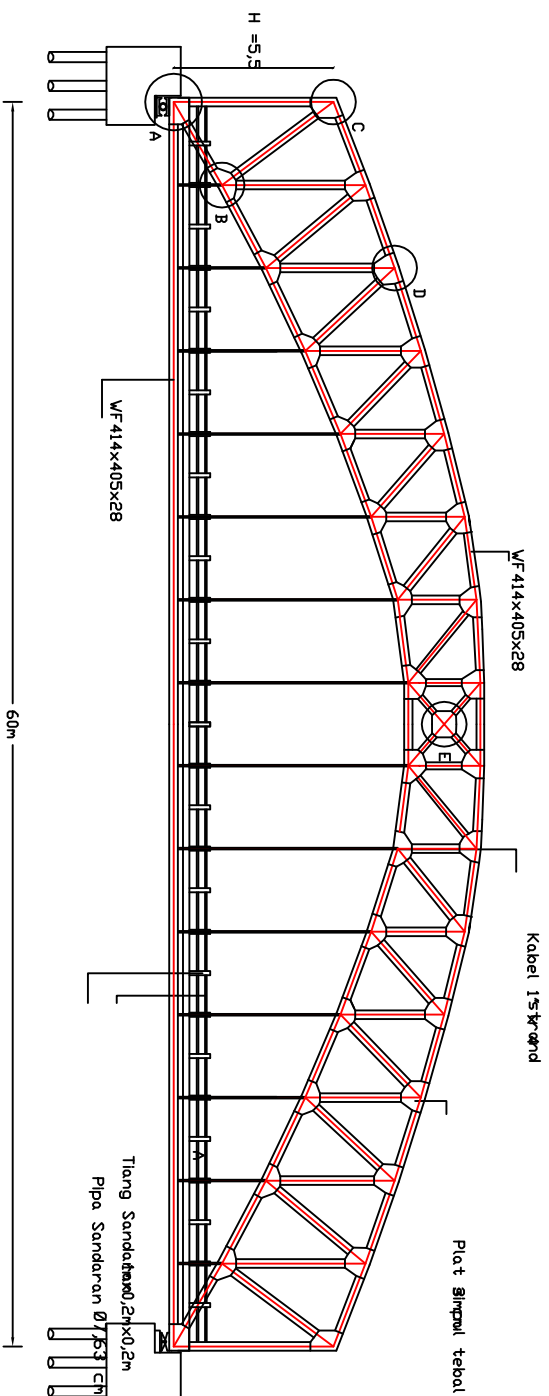
DOSEN PEMBIMBING 1 :


DOSEN PEMBIMBING 2 :

No Gambar :
Skala 1 : 250

_____ 2

_____ 2





 JEMBATAN PELENGKUNG

 SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR
ATAS JEMBATAN RANGKA MENGGUNAKAN TYPE
LENGKUNG DENGAN METODE LRFD PADA
JEMBATAN DESA TAGUL, KECAMATAN SEMBAKING
KABUPATEN NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

URAIAN :

DIGAMBAR : JOEL DE JESUS NIM : 11.21.027

NAMA GAMBAR :

JEMBATAN

PELENGKUNG

DOSSEN PEMBIMBING 1 :

DOSSEN PEMBIMBING 2 :

_____ 2

_____ 2

_____ 2

_____ 2

No Gambar : 19

Skala 1 : 250